الحيوانات الخفية

تأليف

ا. م استفنسن

بمعاونة

شارل استيوارت

ترجمة

د. إبراهيم عبد المجيد

تقديم ومراجعة

د. محمود السعيد

الكتاب: الحيوانات الخفية

الكاتب: ا. م استفنسن ، شارل استيوارت

ترجمة : د. إبراهيم عبد المجيد

تقديم ومراجعة : د. محمود السعيد

الطبعة: ٢٠١٩

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية

فهرسة إثناء النشر

الحيوانات الخفية / ا. م استفنسن ، شارل استيوارت، ترجمة : د. إبراهيم عبد المجيد،

تقديم ومراجعة : د. محمود السعيد – الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٣٠٢ ص، ١٨ سم.

الترقيم الدولى: ٢ – ٩٣٠ – ٤٤٦ – ٩٧٧ – ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٥٢٩١ / ٢٠١٩

الحيوانات الخفية





الوصول إلى الحقيقة يتطلب إزالة العوائق التي تعترض المعرفة، ومن أهم هذه العوائق رواسب الجهل وسيطرة العادة، والتبجيل المفرط لمفكري الماضي.

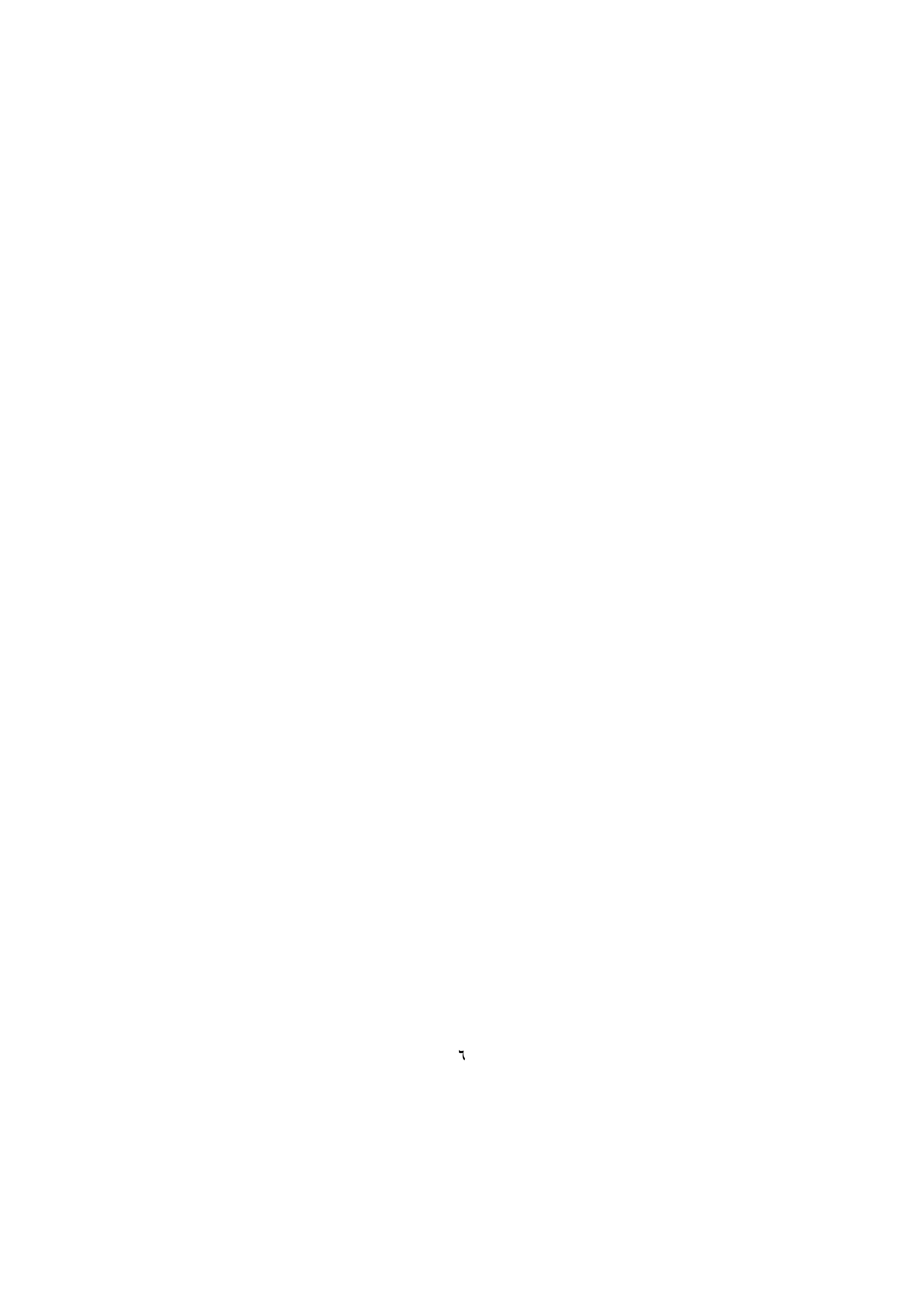
إن الأفكار الصحيحة يجب أن تثبت بالتجربة

"روجر باكون"

التعليم ليس استعداداً للحياة، إنه الحياة ذاتها

"جون ديوي"

فيلسوف وعالم نفس أمريكي



المؤلفة

ولدت الآنسة ا. م استفنسن في عائلة تميل إلى حب الفن والطبيعة بالقرب من كلية رتشمند، وقد تخرجت من كلية بدفورد بلندن بعد أن حازت على درجة امتياز في علم الحيوان ثم أصبحت محاضرة مساعدة في علم الحيوان بجامعة برمنجهام، وقامت بإجراء بحث في تغيير اللون في الحيوانات القشرية في معامل اتحاد علوم الحياة البحرية في بليموث ومعاهد أخرى، وأخيراً عادت إلى تدريس علم الحياة، وحفزها ميلها للوصف التصويري الدقيق للطبيعة بطريقة ممتعة للنشء إلى وضع الكتب المدرسية وتوضيحها بالصور، وتنحصر هواياتها في الموسيقى والشعر والحياة الريفية.

أما شارل استوارت فاسم مستعار "لفيلسوف غير معروف" من أبوين أصلهما فرنسي – اسكتلندي، كتب المقالات وألقى المحاضرات عن العادات القديمة والخرافات التي كانت شائعة بين الناس وعن تاريخ العلوم والعلوم الريفية، وهو عضو في اتحاد علوم الحياة البحرية بالمملكة المتحدة وكان زميلاً للمؤلفة الأصلية في معامل الاتحاد ببليموث.



تقديم

التكيّف هو خاصيّة تتّسم بها الكائنات الحيّة، وظيفتها الأساسيّة هي مُساعدة المخلوق الحيّ على التّعايش مع بيئته والتّكاثر فيها للحفاظ على نسله، حيث إنّه لا يوجد أي كائنين على كوكب الأرض مُتطابقين تماماً، بل إنّ لكل واحد من الحيوانات خواصّاً مُختلفةً تُساعده على البقاء في بيئته، واختلاف الشّكل واللّون والطّباع هو من نتائج هذا التكيُّف.

كما يعتمد التكيّف على طبيعة البيئة؛ فبعضُ الحيوانات تتخصّص بالعيش ضمنَ بيئة مُحدّدة، مثل أشجار الخيزران التي لا تتواجدُ سوى في غابات شرق آسيا، بينما الإنسان من جهة أخرى قادرٌ على العيش في جميع بيئات الكوكب تقريباً، من الصّحارى الحارّة إلى القطب الشماليّ شديد البرودة.. كما ينتج التكيّف عن آلية التّكاثر في المخلوقات الحيّة؛ حيث إنّ الحيوانات دائماً تُنتج من النّسل أقلَّ ممّا يبقى على قيد الحياة فيما بعد، وهذا يعني أنّ النّسل الأقدر على التّعايشُ مع بيئته ومُواجهة ظروفها له فُرصة أكبر بالاستمرار وإنجاب الذُريّة مُستقبلاً، بينما تلك الأقلّ قدرة تفشلُ بالحصول على الغذاء والطّعام وتأمين مساحةٍ للعيش فتقلّ في عددها، وهذا يُساعد على تكيُّف الأنواع الحيّة مع البيئة الطبيعيّة

بصُورة مُتلاحقة. وفي نظريّة التطوّر لعالم الأحياء تشارلز داروين تُسمّى هذه الظّاهرة الانتقاء الطبيعيّ، وتُعتبر عاملاً أساسيّاً قي تطوّر الحيوانات ...

التمويه عند الحيوانات هو عبارة عن اختلاط الكائن الحي في الطبيعة وتبادل الألوان ليُصبح مثل البيئة المتواجد فيها لهذا يُعتبر التمويه أو الإخفاء ظاهرة مُنتشرة في عالم الحيوان بمختلف أصنافه من طيور وحشرات وأسماك، وهي تُعد واحدة من أهم الوسائل الدفاعية من أجل الاستمرار والبقاء في بيئة لا مكان للضعيف فيها، ذلك أنه في جسم الحيوان هناك تجهيزات خاصة، فخلايا الجلد تتغير تبعاً للبيئة المتواجد بها، وبهذا يعمد الحيوان إلى التفاعل مع البيئة المحيطة به بفرزه المواد اللازمة لتلوين جلده تماشياً مع محيطه، وبذلك تكون مُعظم الكائنات تتخذ من التمويه والتخفي وسيلة من أجل إثبات الذات، وذلك بواسطة التمازج مع البيئة المحيطة بها حتى يكاد المرء لا يعرفها أو يُميزها على أدق تعبير، فالطبيعة تخفي الكثير والكثير من هذه المخلوقات العجيبة والرائعة.

الهدف من التمويه :

كي تزيد المخلوقات الحيّة من احتمالات بقائها على قيد الحياة، فإنها تُكيّف نفسها وتناسبها مع البيئة المُحيطة بها ومع الظروف الخاصة في كل مكان وآخر. كما يُعتبر التمويه واحداً من أفضل وسائل البقاء، فمعظم الكائنات الحيّة تتموه وتتخفى بواسطة التمازج مع البيئة. كما يتم التنكر أحيانا بواسطة الألوان والأشكال، ويغيّر الكائن الحي مظهره

الخارجي كُليا كما هو الحال في الحشرات العيدانية، وهي حشرات تُشبه أجسادها فروع الأشجار الرفيعة والعيدان في منطقة الأعشاب والشجيرات التي يعيشون في ربوعها.

كما تختلف طرق التنكر بين الحيوانات نفسها والنباتات نفسها فيحتاج الكائن الحي الثقيل والبطيء إلى تمويه يختلف عن حاجة الحيوان السريع، أما الحيوانات التي تعيش مع القطيع فتموه نفسها بطريقة تختلف عن طريقة الحيوان الذي يعيش منفرداً وحيداً، ويُطور الحيوان المكسو بالفرو تمويها يختلف عن تمويه الكائنات ذات الزعانف والحراشف؛ وكذلك تختلف أساليب وطرق التمويه حسب البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي والذي أذهل العلماء التركيب الرائع لطبقات جلد الإخطبوط حيث تختص كل طبقة بمهمة مُحددة، حيث تقوم طبقة تسمى leucophore والتي تعمل كغطاء أساسي مع طبقة ثانية تُدعى chromatophores وهذه الطبقة مملوءة بالصبغات المُختلفة الألوان، وطبقة ثالثة تُدعى iridophoresومهمتها عكس الضوء بشكل دقيق ، وهذه الطبقات تعمل على خداع الفريسة، ومن هُنا وجد العلماء أدلة حقيقية على أن الحيوانات تكذب مثل البشر تماماً لتحقيق مصالحها.

التنكر بتغير اللون :

تمتلك الكثير من الزواحف والكائنات البرمائية والأسماك خلايا تُسمى جبيلة اليخضور –الخلايا الملونة .chromatophore -إنها خلايا

الألوان المُتواجدة داخل خلايا جلد هذه الكائنات الحية. في كل خلية كهذه يعمل جهاز تلوين واحد، ولكن قد يمتلك كل كائن حي عدداً من خلايا التلوين المُتعددة الألوان وتُحيط خلية الألوان عضلة تستطيع الانقباض والارتخاء ، وعندما تنقبض العضلة تندفع الألوان إلى الجزء العلوي من الخلية فيظهر اللون على الجزء الخارجي للكائن الحي. وعندما ترتخي العضلة يعود اللون إلى الجزء التحتي لخلية الألوان، ويختفي عن السطح الخارجي للكائن الحي. وهكذا يستطيع هذا الكائن الحي أن يُبدل ويُغير لون جسده بالاستعانة بانقباض العضلات التي تفرز الألوان العديدة وعلى هذا النحو تستطيع كائنات حية مثل الحرباء والرخويات أن تُغير الألوان والنماذج التي على سطحها الخارجي.

أمثلة على الحيوانات التي تستخدم التمويه :

تنين البحر المورق (Leafy sea dragon) وهو كائن أصله من محيطات جنوب استراليا، إذ يُعتبر من أغرب الحيوانات هناك، وشكله طويل إذ يبلغ حوالي ٣٤ سنتمتر، وذو هيئة نحيلة. وهذا الحيوان مزين بنتوئات تشبه أوراق الشجر الطويل، والذي لا تستعمله في التجديف أو التحرك وإنما في التخفي، وتمويه الحيوانات المفترسة، وكذالك الفريسة.

الفراشات (The dead leaf butterfly) تم العثور على هذا النوع من الفراشات الجميل في آسيا الاستوائية، وبالتحديد في الهند واليابان ، ولدى هذه الفراشات أجنحة مُتميزة تجعلها تبدو وكأنها ورقة

على شجرة، وما يزيد الأمر صعوبة في التمييز بينها وبين أوراق الشجرة هو تواجد ثقوب على مستوى الأجنحة.

الحشرة ورقة المشي والتي تسمى The walking leaf) insect(هو مثال آخر على الحشرة التي تبدو للغاية مثل ورقة.

ورقة الذيل أبو بريص (leaf tailed Gecko) وهو كائن آخر يثقن فن التمويه، أصله جزيرة مدغشقر، كما أن هنالك ثمانية أنواع من هذا الكائن الخطير، ويُمكنك أن تنظر إليه وكأنه ورقة فاسدة أو ميتة كأوراق حقيقية ... وهناك آلاف بل ملايين الكائنات العجيبة الغريبة التي تُتقن فن التخفي والتمويه ... وما بين يديك هو كتاب قيم مليء بالعجائب والغرائب عن هذه الكائنات العجيبة الغريبة التي تعيش حولنا ولا نُلاحظها ، وقد صدرت الترجمة العربية من هذا الكتاب بعنوان " استخفاء الحيوتن " ونشرت ضمن سلسلة " الألف الكتاب " في الستينات من القرن الماضي ، ونحن إذ نعيد نشره ومراجعته ، لأنه كتاب هام وكنز هام ملئ بالدُّر والجوهر في صورة معلومات علمية قيمة هامة فانتهز وجوده بين يديك وانهل من علمه الغزير وتعلم وعلم منه الآخرين .

د. محمود السعيد

مقدمة تاريخية، وشكر

كان القدماء ملمين بتغييرات اللون في الحرباء والأخطبوط، وفي أسماك مثل البوري الذي كان يربى في برك خاصة لأغراض غذائية، ويبدو أن الانتباه لم يجتذب إلى أمثلة أخرى في تغيير اللون منذ العصر اليوناني والروماني حتى القرنين الماضيين، وأولى المشاهدات المسجلة عن أن الضفادع والعلاجيم تغير لونها هي مشاهدات فلسنيري (١٧٥١) وروزل فون روزنهوف (١٧٥٨)، ووصفت الألوان المختلفة لجمبري الحرباء بواسطة كروير في ١٨٤٢، ثم أضيفت الحشرات بعد ذلك إلى القائمة، وفي غضون السنوات القليلة الماضية وجدت أمثلة تغيير اللون في مجموعة الديدان الحلقية أي في دود العلق وأطوار يرقة الديدان الشوكية وفي الرخويات، وعلى هذا فتغيير اللون (بواسطة أصباغ تتحرك في خلايا لونية خاصة) حدث واسع الانتشار في المملكة الحيوانية، وتوجد أمثلة عديدة بين كل من الحيوانات الفقارية الدنيئة وأربعة من أهم مجموعات الحيوانات اللافقارية.

وفي أوائل القرن التاسع عشر أتبعت المشاهدات الخاصة بهذا الموضوع بدراسات عن الوسائل التي يتأثر بها تغيير اللون وأعطى ملن إدولردز في سنة ١٨٣٤ أول وصف وتفسير عام ١٨١٩ لاحظ سانجيوفاني مسلك خلايا الصبغ في الحيوانات الرأسقدمية ملاحظة صحيحة، وعرف هذه الخلايا بحاملات اللون، وأعلن ملن إدواردز في سنة

١٨٣٤ أول وصف وتفسير صحيحين لحاملات اللون في الزواحف، وفي غضون النصف الثاني من القرن التاسع عشر مهدت الأعمال الاستكشافية في موضوع تغيير اللون لأبحاث أكثر دقة واتساعاً، وكانت الفكرة السائدة لمدة سنين عديدة أن العوامل التي تتحكم في حاملات اللون هي الجهاز العصبي والتأثير المباشر للبيئة فقط.

وعندما تأيد وجود الهرمونات ظهر الاحتمال بأنها قد تكون عاملاً إضافياً، وفي عام ١٨٩٨ وجد كرونا وموروني أنه إذا دخل الأدرنالين الدورة الدموية في الضفدعة كان له تأثير قوي على حاملات اللون في هذا الحيوان، ومنذ عام ١٩٠٠ ظهرت مئات عديدة من البحوث العلمية عن موضوع تغيير اللون من المشتغلين بها في الدول المختلفة، وفي أوائل هذا القرن أجريت أبحاث كثيرة مثيرة للاهتمام على الحيوانات القشرية بواسطة الأستاذين كيبل وجامبل، وعلى الضفادع والعظايا (السحالي) بواسطة الأستاذ ج. هـ. باركر، وقد يقال أن الأستاذ باركر أسس مدرسة أمريكية للدراسات في تغيير اللون، ومنها استمرت أبحاث كثيرة في الظهور حتى وقتنا هذا، وتوصل العلم إلى هدف مهم بعد أن اكتشف هجبن وونتن عام ١٩٢٢ تأثير إفرازات الغدة النخامية على حاملات اللون في الضفدعة، ومن هذا بدأت سلسلة من البحوث التي نشرها هجبن وغيره ممن عاونوه تحت عنوان "جهاز التأثير الصبغي" لسنين عديدة، ويقول الأستاذ ل.ت هجبن بالمدرسة الإنجليزية للدراسات في تغيير اللون، وإليه يرجع الفضل في إدخال الطرق التي تؤدي إلى الدقة التامة في تسجيل المشاهدات والسيطرة على الأحوال التجريبية، وقد أدى استخدامه للرسم البياني الذي يوضح

انحناءات الوقت في تغيير اللون إلى إمكان تمييز التأثيرات السريعة الناشئة عن الضبط الهرموني، كما أن الدراسة التحليلية للعين كمستقبلة خاصة بكل نوع من الحيوان ساعدت أيضاً في حل المعضلات المتعلقة بها.

وتعمل مدرسة مدرسة هجبن أساسياً على الفقاريات، وكانت الخطوات الرئيسية في اكتشاف الآلية التي تضبط تغيير اللون في الحيوانات القشرية من اكتشاف "بركنز" في أمريكا و"كلر" في ألمانيا، وقد نشرت أبحاثهما مستقلة عن بعضها في عام ١٩٢٨ وقد عمل هـ.ج. سمث الذي كان يعمل تحت إشراف هجين في عام ١٩٣٨ على زيادة إيضاح الموقف.

وتغيير اللون هو صورة خاصة من الفكرة العامة لاستخفاء الحيوان، ومع ذلك فتفصيلات آليته وما يشتمل عليه من الفسيولوجيا تتعلق بالمعمل في حين أن استخفاء الحيوان هي دراسة في البيئات الطبيعية جوهرياً، وقد يعي أن علماء الطبيعة في كل عصر وفي جميع بقاع الأرض لاحظوا أمثلة من تناسق اللون والمماتنة وغيرها، وأول من نبه الأذهان إلى الاكتشاف والجمع والتصنيف هو لينيس، وهو بلا شك أول من وجه الأنظار إلى هذا الموضوع على نطاق أوسع، ولكن الفحص الدقيق للموضوع وما يتعلق به من نظريات هي حديثة العهد جداً ظهرت في أعمال علماء الطبيعة المستكشفين في القرن التاسع عشر – أمثال ولاس وداروين وثاير وباتس ومولر، وأصبح التلوين التوافقي منفرداً كموضوع مستقل غالباً عن صفات التوافق العديدة الأخرى في الحيوان، وحدث تضارب كثير في كيفية وجوده وعن مدى ما يقدمه من فضل للبقاء، وتناول

بعض الكتب أخيراً نظريات ملائمة التلوين بمبالغات كثيرة وكذبت فيما بعد.

وقدم الدكتور هوجو ب. كت أحدث إضافة للموضوع في كتابه (ملائمة التلوين في الحيوان)، وهذا المؤلف الذي يجمع بين معلومات البحاثة في علوم الحيوان البحتة ومعلومات العالم الطبيعي الرحالة يعرض المبادئ الفسيولوجية البصرية التي تستخدم في الطبيعة بإيضاح ويعطي استعراضاً مقرظاً للأبحاث الحديثة التي تتعلق بهذا الموضوع، ومن هذا المحيط الزاخر استخرجت الكثير من الأمثلة والإيضاحات، وإني مدينة بالكثير إلى تلك السنين التي قضيتها في الجو الحيوي بقسم الأستاذ منرو فكس ولاهتمامه بفسيولوجيا الحيوان، كما كان لي شرف العمل بعض الوقت تحت إشراف الأستاذ هجين بحكم رابطة البحث الذي كنت أقوم به على تغيير اللون في القشريات، وأدين بالتوجيه نحو الصور الطبيعية للموضوع وأهميتها الفلسفية لزميلي شارل استيوارت الذي وجه انتباهي أيضاً لمثل هذه الأبحاث كأبحاث ب.د اسبنسكي، وإني مدينة إلى الآنسة س.م. ريتشارد (بكالوريوس العلوم) والآنسة ك. لوكاس (ماجستير العلوم) لقراءة النسخة الخطية وعمل التفسيرات المفيدة وللأخيرة أيضاً لمعاونتها في تزويدي بالمراجع الضرورية.

ا. م. استفنسن

الفصل الأول

طبيعة الاستخفاء

معنى الاستخفاء وتعريفه

الاستخفاء لفظ غريب شاع استعماله كل يوم، ومع ذلك فالحاجة ماسة إلى نص خاص يستوعب هذا الفن العجيب الذي أعاد الإنسان الحديث استكشافه على مثل هذا النطاق الواسع، فالتنكر والإيحاء والطموس والمماتنة (التقليد) كل معاني هذه الألفاظ ترتبط بفكرة الاستخفاء، ويبدو أن اللفظ الإفرنجي "كموفلاج"[١] نفسه ليس قديماً جداً، ففي اللغة الفرنسية العامية يوجد لفظ "كموفلي"[٢] بمعنى تنكر، وهو يرتبط كما هو واضح بلفظ "كموفلي"[٣] الذي هو عبارة عن شكل قديم للغم خانق كان يستخدم في الأغراض الحربية لإطلاق الدخان في وجه العدو.

أهم أنواع الاستخفاء

يأخذ الاستخفاء أشكالاً عديدة، فقد يكون تنكراً بسيطاً يشمل صورة متقنة لشيء لا يضر كصخرة أو ورقة نبات مثلاً، وقد يعني إظهار

---

(١) Camouflage

(٢) Camoafler

(٣) Camoflet

الضعيف في صورة القوي أو العكس لأغراض المخادعة، ونوع آخر من الاستخفاء يكون بتجزئة الشكل العام الحقيقي لشيء كمصنع مثلاً حتى يتداخل في شكل الوسط الذي يحيط به – وهو الاستخفاء بالطموس– أو إذا كان الشيء مختلفاً عما يحيط به قد يعمل على إظهاره بهيئة ليس لها مغزى في ذهن الناظر إليه، فمثلاً قد يحور سقف طويل لمبنى حتى يظهر كعدد من المساحات غير المنتظمة فلا يمكن تمييز إحداها كشكل هندسي معروف، وقد يصنع فنانو الاستخفاء أشياء شديدة الغرابة حتى أن تنكرها يلفت النظر إليها وتبدو باهرة، ولكن يرجع ذلك إلى عدم تمكنهم من دقائق هذا الفن، ويفشل الغرض المقصود منه، ومن جهة أخرى فإن المبنى أو الحيوان قد ينم عنه شكل الظل الذي يلقيه، وفي هذه الحالة يكون أهم مظهر للاستخفاء هو طمس أو تجزئة مثل هذا الظل.

وحديثاً أصبح الاستخفاء بالطموس ذا أهمية خصوصاً في حالة التنكر من الأعداء في الجو، ويحتاج مثل هذا الاستخفاء إلى فن محكم، كما يجب أن يستجيب بدقة لحالات معينة، وكلما كان الاستخفاء أكثر مطابقة لما في الطبيعة أثبت نجاحاً عظيماً، إذ يصل فن الاستخفاء في الطبيعة إلى درجة الكمال، وتكون مجهودات الإنسان غالباً مشوهة وغير تامة عند المقارنة.

والمظهر هو العامل الوحيد من بين العوامل التي تلعب دورها في الاستخفاء في الأشياء الجامدة، أما في حالة الحيوان الحي فقد يساعده الوضع والحركة والفعل وحتى الصوت، وكل هذه تزيد في تأثير المظهر العام،

ومن بين أنواع الحشرات العديدة التي تأخذ استخفاءها على شكل ورقة الشجر توجد حشرات أخرى مثل السرعوف الناسك (فرس النبي) الذي يتأرجح من آن لآخر بحركات ترنحية غير منتظمة كحركات أوراق الأشجار إذا ما داعبتها نسمات عابرة من الهواء، والعنكبوت الذي يقلد النملة يمشي باعوجاج دائماً من جانب إلى جانب كدبيب النملة ويرفع الزوج الثاني من أرجله أمام رأسه ويداوم على اهتزازهما كقرني الاستشعار في النملة، ومن جهة أخرى فقد يكون السكون التام هو علامة الاستخفاء كما هو الحال في الحشرات التي تتشبه بالعصى والحجارة.

تقليد الإنسان للطبيعة

إن الكثير من حيل الاستخفاء عبارة عن أسرار قديمة كانت تزاول على المسرح وعند السحرة، فالمثل يجب عليه أن ينظر ويقوم بتمثيل دوره معاً، والجندي الذي يستخفي كحزمة الحنطة يجب عليه ألا يعطس.

ومن طرق الاستخفاء المبكرة التي استنبطها الإنسان فخ الخنزير البري الذي كان مستعملاً في الزمن القديم وهو عبارة عن حفر مغطاة بفروع الأشجار، وتشمل براعة الصياد طريقة وضع المواد التي يغطي بها الفخ وضعاً متقناً، فيحاول الصيادون أن يكون الغطاء متوافقاً مع ما يحيط به من الأرض لإخفاء الفخ، وبذلك توصلوا إلى نتيجة شعورية تماثل ما تبديه الطبيعة بدون وعي.

والتنكر أيضاً نوع من الاستخفاء المبكر جداً، فيوجد في كهف الأخوة الثلاثة بفرنسا نقوش على الجدار لرجل من العصور الجيولوجية القديمة متنكراً في هيئة حيوان الرنة(*)، ويلبس أحد هنود أمريكا الشمالية جلد ذئب ويتحرك مثل الذئب عند اقترابه من قطيع من البيسون الذي لا يخاف الذئب منفرداً، ويتنكر كثيرون من البدائيين في هيئة الحيوانات عند صيدها، فيلبس رجال الأدغال من قبائل البشمان في إفريقيا رأس البقر الوحشي ويضعون جلدها على أكتافهم ويقلدون حركاتها عندما يصيدون الفيلة، وحينما يتعقبون النعام يستخدمون نعامة التنكر وذلك بحمل رأس واحدة من هذه الطيور في نهاية عصا طويلة مرنة ويحركونها بطرق ملائمة مع إخفاء أجسامهم.

معنى الاستخفاء في الطبيعة

يجب علينا أن نوضح نقطة مهمة، فحينما نتحدث عن الاستخفاء في الطبيعة فإنما نعني تأثيرات خاصة يراها الإنسان بعينه ويحكم عليها بعقله، غير أنه لا يعرف مطلقاً كيف تظهر الدنيا في عيون الحيوان مع أنه إذا كانت هيئته العامة وثيقة الشبه لنا كان من المرجح أن يرى الأشياء كما نراها ولو نوعاً ما، ومن المؤكد أن حيوانات كثيرة تتعرف على الحيوانات الأخرى من نوعها بالنظر، كما تميز الإنسان أو أعداءها الطبيعيين.ز

(*) النقوش وصفت "كساحر ما قبل التاريخ"، غوامض وأسرار السحر، ك. ج. س تومسون، صفحة ٧٠ – جون لان – بودلي هد – مساهمة.

واستعمال الشرك في صيد البط له أساس من هذه الحقيقة، ويدل على الاتجاه نفسه نجاح التنكر في طريقة الصيد البدائية، وهناك دليل كاف على أن الحيوانات تدرك الطعام المناسب لها بالنظر وتعرض عن الفريسة الضارة أو التي لا طعم لها، ومما يثبت ذلك دهاء الصياد الذي يسترعي أنظار الأسماك بوضع طعم من الذباب لها، وسنبحث هذا الموضوع بعناية فيما بعد، ولكن دعنا نفترض في هذه اللحظة أن الاستخفاء بين الحيوانات الأعلى درجة يلعب نفس الدور الذي يلعبه في دنيا الإنسان في الاختباء، ويفشل ثعبان حنش الماء وهو يسعى باحثاً عن فريسته في ملاحظة ضفدعة وهي جالسة القرفصاء في سكون ومختلطة مع الحشائش تماماً ويقتنص العنكبوت الأصفر وهو رابض فوق زهرة الهندباء البرية الذبابة المسالمة وهي تحط لتأكل..

ويوجد الاستخفاء على نطاق واسع في الطبيعة، فالحيوانات الظاهرة يفوقها عدداً كثرة الحيوانات التي ترى مصادفة فقط أو بواسطة عيون متمرنة، وتستخفي الحيوانات المفترسة تقريباً مثل الكائنات التي تفترسها غالباً كما هو الحال في الفراء الشتوي البيض الذي يكسو الأرنب والثعلب في المناطق الثلجية، وكلما نمعن النظر في هذه الحالة الغريبة تصبح أكثر تعقيداً وتقودنا في النهاية إلى التقصي العميق حتى ندرك: لماذا تأخذ الأشياء الحية ألوانها كما نجدها، ولماذا تتخذ لنفسها هذا المسلك الذي نشاهده عليها.

طرق الاستخفاء

يحدث الاختفاء بطرق شتى: فهب أن قفازك وقع في الحديقة وعدت لتبحث عنه فإنك تذهب وفي ذهنك صورة القفاز بكف وخمس أصابع، فإذا وقع القفاز مسطحاً فليس ثمة صعوبة في العثور عليه، ولكن إذا وقع في وضع غريب شيء ما فقد تخطيء رؤيته لأن الهيئة المعتادة مفقودة، لذلك كانت القاعدة الأولى للاستخفاء هي التخلص من الهيئة العامة.

إن قفازك شيء مجسم، وإذا نظرت إليه في وضعه على المائدة تلاحظ أن أجزاءه العليا مضيئة جيداً بينما تكون أجزاؤه السفلى في الظل، فلو رسمت القفاز على الورق فإنك تخط أولاً المنظر العام ثم بعدئذ تضيف التظليل له لكي تبينه مجسماً، وإذا نظرت حولك في أنحاء الغرفة تتحقق إلى أي حد يتوقف تأثير التجسيم في الأشياء على طريقة تظليلها، ولو استطعنا رؤية الأشياء دون أن نمسها فلا يبين لنا إن كانت مسطحة أو مجسمة سوى تظليلها، ولذا فإن القاعدة الثانية للاستخفاء هي التخلص من التظليل الذي يبين الشيء أو الحيوان مجسماً، ولا تلقي بعض الأجسام سوى أصغر قدر من الظل، ولدينا مثل لذلك؛ فالقضيب أو العمود الذي يبرز من خلف سيارة النقل لا يلقى أي ظل ويمشي المقبل عليه أو يقود سيارته ويصطدم به دون أن يراه، أو إذا نظر إلى وتد في حديقة من أعلى عندما تكون الشمس عالية في كبد السماء فإنه يخز عين البستاني عندما ينحني عليه.

ولا يحدث الضوء تظليلاً يبين هيئة الجسم نفسه ونسيجه فحسب بل يحدث أيضاً ظلاً على السطح وراء الجسم، فإذا ألقى جسم حيوان ما ظلاً ينم عنه أمكن التعرف على الحيوان في الحال، كما يمكن التحقق من شخصية أي إنسان من ظله الذي يلقيه على ستار، لذلك فإن القاعدة الثالثة للاستخفاء هي طمس أو تنكر الظل.

وتناسق اللون في الاستخفاء ضرورة حقيقية لا تحتاج إلى برهان، فاستبدال سترة الجندي الحمراء بسترة كاكية لها أسباب عملية، وفي اسكتلندا يصنع الكثيرون ملابس العشائر بألوان تمتزج بدقة مع منظر الأراضي البور، ولها فائدة كبيرة في الاختفاء أو الكمين، والملابس هادئة الألوان كالتويد وذات الألوان الداكنة هي الممكن ارتداؤها في صيد الطيور والحيوانات واقتناص الأيائل، ولا يجول بخاطر مراقب الطيور أن يرتدي الملابس الزاهية مطلقاً، والزائر العابر للحقول لا يشاهد من الحياة البرية سوى الأرانب وقليل من الحشرات الزاهية والطيور المحلقة في الجو، وهذا مثالي في بريطانيا ومعظم أوروبا حيث يكسو جميع الكائنات البرية التي تعيش هناك ألوان هادئة كما أنها كذلك في الحياة البرية في الجزء الأكبر من العالم.

وعلى ذلك إذا اعتبرنا أن حيواناً مستخفياً وهو في وضع طبيعي نجد أن التأثير ينتج عن واحد أو أكثر من هذه الحالات، فالهيئة الطبيعية العامة إما مجزأة أو مطموسة، والتظليل الذي يبين الجسم مجسماً أو الأرجل

منحنية مفقوداً، والظل الذي يسقط على الأرض مختفياً، وتوافق اللون والنسق موجوداً.

ويحدث التنكر للهيئة الطبيعية العامة بالنقط أو الخطوط أو البقع غير المنتظمة من أي لون يتباين بشدة عن اللون الأساسي العام في الحيوان، وهذه العلامات أو النماذج تجتذب عين الناظر إليها وتصرف انتباهه وتبدو بأشكال غير حقيقية ولا توحي بوجود أي شيء حي، وعبر "كبلنج" عن عبارة "كيف حصل النمر على بقعه" بطريقته الخاصة فقال "يا لجمالك الرائع، فيمكنك أن تربض على الأرض الجرداء وتظهر كأنك كومة من الحصى وتستطيع أن تنبطح على الصخور العارية وترى كأنك قطعة من الحجر الصخري، ويمكنك أن تجثو على غصن مورق وتظهر كأنك ضوء الشمس يتخلل من بين الأوراق، ويمكنك أن تنبطح في عرض منتصف الطريق وتظهر كأنك لا شيء يذكر، تذكر في ذلك وهات بموائك"، ويطلق علماء الأحياء على هذا التأثير "التلوين الخداعي" وعندما يستعمل في الأغراض الحربية يسمى "الاستخفاء المبهر" ومن الواضح أنه نوع من الخداع البصري.

ويضاد تأثير التظليل الطبيعي بحيلة بسيطة تعرف "بالتظليل المعاكس" فإذا وضعت لعبة على هيئة حيوان لونها الخارجي العام أصفر خارج الدور، فالضوء الذي يسلط عليها من السماء يعطي ظهرها لوناً باهتاً وتكون الأجزاء السفلى داكنة اللون وجوانبها صفراء بين الباهت والداكن، وتظهر واضحة وتبدو مجسمة تماماً، وظهر الحيوان في الطبيعة ذو لون أصفر داكن

والأجزاء السفلى صفراء باهتة جداً أو بيضاء والجوانب على درجات متفاوتة بين الأصفر الداكن من أعلى والأصفر الباهت من أسفل، وينتج عن ذلك تناسق لوني أصفر على الجسم كله، ويبدو الحيوان مسطحا بدلاً من أن يكون مجسماً، وهذا خداع بصري أيضاً، فإذا كان الحيوان على إخفاء ظله إذا انبطح ضاغطاً جسمه على الأرض أو أخذ أوضاعاً خاصة سيتناولها الشرح فيما بعد، ويشتمل التناسق اللوني على تماثل دقيق في اللون الخفيف أو الصبغ أو الظل بين الحيوان والنبات أو الأحجار أو الأرض التي ينبطح عليها.

ويفتقد كثير من الكائنات حاسة اللون كما سنرى فيما بعد، وقد يستفسر عن فائدة تناسق اللون أو الألوان التي تتضامن في التظليل المعاكس في حالة مثل هذه الحيوانات، والجواب على ذلك واضح جداً، فالصورة الشمسية لأي حيوان في وضع طبيعي تعرض قدراً من الاختفاء كأي لوحة ملونة، لأن هناك توافقاً في النسق وفي الظل ويكون التأثير مختلفاً للذين يستطيعون رؤية اللون، ولكن لا يكون هذا الاختلاف تاماً.

السكون كمساعد على الاختفاء

تبلغ تأثيرات الاستخفاء غايتها غالباً حينما يكون الحيوان ساكناً لا يتحرك، ويظل كثير من الكائنات دون حراك طوال ساعات النهار وتتحرك فقط وتأكل أثناء الليل، ومن هذه الحيوانات ما يخفي نفسه في مخبأ، ولكن يظل الكثير منها في أماكن عارية وتفلت من الموت لأنها تشبه ما يحيط بها

تماماً، وتوجد يرقة الحشرة العصوية (Stick Caterpillars) الغريبة بين اللباب أو على غصون أنواع عديدة من أشجار الغابة، وربما لا نلاحظ وجودها كلية ما لم نلتقط ورقة تكون الحشرة ساكنة عليها، وهذه الحشرة تشبه تماماً في الشكل واللون والوضع غصوناً غير مورقة أو سيقان الأوراق الجافة، وتستكن البشارات ليلية الطيران (Moths) على قشر الشجر وعلى السياج وغيرها، وهي تشبهها تماماً في اللون والعلامات، وإذا لم تنزعج وتتحرك لا نشعر بوجودها هناك، ويمكت أن نسرد الكثير من الأمثلة المماثلة في جميع عثة الملابس غير الظاهرة.

وعندما يصاب الكرنب بالثقوب وتصير أوراقه كالغربال ونمر عليها للبحث عن الديدان نعثر بسهولة على النوع المشعر ذي اللون الأصفر والأسود الذي يتحول في الكرنب الأبيض الكبير إلى فراشه بيضاء، ولكن دودة الكرنب الأبيض الصغير التي تنخر في قلب الكرنب قد تحملق في وجوهنا طول الوقت دون أن نراها، فهي ترقد على السطح العلوي للورقة وتتمدد على طول الضلع الأوسط في الورقة ذي اللون الشاحب ولا نسيج مخملي ناعم يماثل المخمل الشمعي على ورق الكرنب.

وقد لا يشاهد الكثير منا ضفدعة أو علجوماً قط ما لم تلفت نظرنا إذا قفزت أو زحفت، ومن السهل أن يفاجأ الإنسان بطائر يرقد في عشه دون أن يخطر بباله أنه كان موجوداً هناك كلية، ويمكن أن نلمس مبلغ الكمال الذي ينتج عن الفعل المشترك للاستخفاء والسكون في عبارة وردت في كتاب للماجور تشيزمان عن بلاد العرب المجهولة:

"كنت تواقاً لأخذ صورة لعش طائر الحبارة(*)، وفكرت أن أطلق صقراً مروضاً فوق أرضها وبذلك يمكن استمالة الطيور الراقدة بالاستعداد، وبذلك تكشف عن مكان العش، فقطعنا مسافات طويلة وفهمنا أننا مررنا على كثير من إناث هذا الطائر الراقدة لأننا شاهدنا الذكور مراراً متجمعة مع بعضها، وبذلك عجز الصقر عن اكتشاف عش واحد، وكذلك لم تنجح محاولاتنا رغماً عن أننا فحصنا المكان بعناية" هذا مع العلم بأن عين الصقر من بين العيون الحادة النظر في العالم.

وإذا ذهبت لصيد براغيث البحر تعرف كم من الصعب رؤيتها على قاع الغدير ما لم تزعجها، وتستطيع أن تطأ سمكة صغيرة مسطحة دون أن تشتبه في أمرها حتى تشعرك بوجودها وهي تتلوى تحت قدمك، ويمكن سرد الأمثلة الكثيرة على ذلك دون نهاية.

ومع ذلك تضطر حيوانات كثيرة إلى مزاولة أعمالها في ضوء النهار وتجازف بأن تُكتشف أثناء تحركها، فإذا ما أزعجت أو توقعت خطراً يحدق بها قد تعمل واحداً من اثنين: أما أن تقفز إلى مخبأ أو "تتجمد" في مكانها ساكنة، وفي هذه الحالة الأخيرة قد يخطئ الصياد اكتشافها أو قد يخامره الشك لحظات قليلة تسمح للفريسة بأن تنطلق ثانية وتنجح في الفرار، وهناك حيوانات أخرى إذا أزعجت تتفاوت أو "تلعب دور أباسوم"، وهذه العبارة مأخوذة عن مسلك حيوان من ذوات الكيس يسمى أباسوم، وهو يشبه القط نوعاً ولكن رأسه ضيق مدبب وذيله عار من الشعر غالباً،

(*) طائر كبير من طيور البر بعظم الدجاجة طويل العنق والذنب ومنه أنواع كثيرة.

ويقطن الولايات الشمالية من الولايات المتحدة الأمريكية، وعندما يحدق الخطر به يصير متوتراً بعيون مغلقة، وهيئته منكمشة عادة وكأنه ميت منذ بضع ساعات، وهذه طريقة ناجحة جداً في الهروب لأن الحيوانات التي تتغذى بفريستها حية لا تقرب الجيف، ويعطى العنكبوت مثلاً بسيطاً مشابهاً، فحينما ينزعج فإنه ينقلب على ظهره ويطوي أرجله ويظهر كأنه فارق الحياة تماماً بل ويسمح لنفسه بأن يدفع أو يوخز ومع ذلك لا يبدي أي علامة للحياة.

وتدين غالباً الكائنات مسلوبة السلاح كالضفادع والسحالي الصغيرة بحياتها في لحظات الخطر لعادة السكون هذه، وغريزة الجثو قوية جداً في طيور الزقزاق الصغيرة التي توجد على الشاطئ الحصوي في العراء وطيور الصيد التي تأوى إلى النباتات المتفرقة في المستنقع، فعندما تشعر هذه الطيور بالخطر أثناء مرور ظل قد يعني انقضاض بعض الطيور الجارحة، أو عندما تصرخ الأم منذرة تنبسط الأفراخ على الأرض وتبقى ساكنة تماماً، وحينئذ قد يكون من المحال اكتشاف أمرها، ويثبت الكبش الجبلي والوعل في أمكنتها في لحظات الخطر كأنها تماثيل حتى إذا شعرت بأنها اكتشفت خاطرت وتحركت. وإذا فحصت بعض أمثلة الاستخفاء بدقة نجد أنها تعرفنا الكثير عن هذا الموضوع.

وتزودنا صورة أفراخ ديك الغابة حديثة الفقس (صورة–٢) بمثل متقن للهيئة العامة الطبيعية المستترة وراء بقع من الألوان شديدة التباين، وهذه البقع غير المنتظمة تتراءى للعين بنفس النسق الذي ترى فيه البقع

لأوراق الأشجار الجافة في أرض الغابة الداكنة وبالأخص بقع الضوء اللامع المنير في الظل العميق الذي تلقيه المظلة المورقة من أعلى، وتجثو الأفراخ على الأرض ولا تلقي ظلاً.

وإذا أمعنا النظر في هذه الصورة تتاح لنا فرصة كبيرة، أي أننا نعرف أن الأفراخ موجودة هناك، وإذا كانت مساحة الصورة كبيرة في اتساع أرض الغرفة فقد تمر ساعات قبل اكتشاف الرقعة الصغيرة التي تشغلها الأفراخ، وكان المصور هيو ب. كت يعرف أن العشوش وبداخلها الأفراخ موجودة في هذه الغابة وكان على علم تام بما يبحث عنه، ولكنه لم يتمكن من العثور على أي شيء، وفي الوقت الذي ظن أن البحث غير مثمر طارت الأم من فوق الأرض ولم تظهر الأفراخ، ولكن بعد فحص المكان الذي غادرته الأم بدقة ظهرت الأفراخ بعد أن لمس نعومتها الدافئة.

ولدينا لمحة جميلة للاستخفاء في غابة إفريقية في صورة أبي نباح (صورة–١)، فالظل عميق بالنسبة للضوء القوي الذي ينفذ خلال الأوراق الكثيفة للأشجار الباسقة – ونشاهد تناسق الألوان في فراء الحيوان – فلون الظهر معتم خفيفاً والأجزاء السفلى شاحبة وليست بيضاء، ولا يوجد فرق واضح بين الضوء والظل في ضوء الغابة المعتم نوعاً، ولا يحتاج الأمر إلى ظل معاكس قوي، فهنا وهناك بقعة زاهية أو نقط من ضوء الشمس تجد طريقها إلى ورق الشجر أو إلى أرض الغابة، ولذا يساعد قليل من النقط البيضاء على فراء أبي نباح على استكمال الهيئة اللا حقيقية والتحايلية للحيوان وتمزجه مع أرض الغابة، وبذلك يستطيع الحيوان أن

يتفادى التعرف عليه، ولو لبضع ثوان على الأقل، وقد يكون لهذا التأخير فائدة مهمة إذ يمكن الحيوان من الفرار عندما يجثو الفهد استعداداً للهجوم أو حينما يرفع الصياد غدارته على كتفه.

ومن المحتمل ألا يخطر بأذهاننا أن الخطوط الظاهرة على حمار الزرد هي صورة كاملة للاستخفاء، ومن السهل جداً رؤية قطعان هذا الحيوان أثناء النهار في الأماكن الفسيحة أو في دغل بموطنها، وليس هناك من الأعداء ما تخافه في ضوء النهار، وهي سريعة العدو وحواس البصر والسمع والشم بها حادة، وهي من بين الحيوانات البرية شديدة الحذر ومن الصعب الاقتراب منها، وقد فتن الكثيرون من الصيادين ومصوري الحيوانات بطرق مراوغتها.

ويتعرض حمار الزرد لافتراس السباع والنمور في نور الغسق وقت الغروب وعند الفجر ولا يمكن مشاهدته في هذه الساعات غالباً إذ تتداخل الخطوط السوداء والبيضاء مع بعضها وتوحي بلون رمادي باهت يشبه لون الأرض والنباتات التي تكون رمادية في مثل هذا الوقت، وتنطمس الهيئة العامة للحيوان لأن الخطوط السوداء تمحو المحيط الخارجي عند كل جزء من الجسم، وتكون الأجزاء السفلى التي قد تميل إلى التظليل قاتمة اللون نوعاً وخطوطها أكثر ضيقاً بينما تكون الخطوط في الأجزاء العليا المضيئة عريضة، وعلى ذلك فالجسم الضخم بدلاً من أن يظهر مجسماً بسبب الظلال الطبيعية يبدو مسطحاً.

وقد روى صياد مشهور كيف كان يدنو بحذر وقت الغسق من منطقة ذات أعشاب قصيرة من المعروف أن حمار الزرد يأوي إليها، ويزحف هو ومن معه من مواطنين لهم عيون حادة ودراية في صيد هذا الحيوان إلى مسافة أربعين أو خمسين ياردة من القطيع الذي يقف ساكناً، وحتى على بعد هذه المسافة لا يستطيع أي شخص أن يكتشف حيواناً واحداً لأنها تنغمس مع اللون الرمادي الذي يضفيه نور الغسق على المشهد.

إن طبيعة الاستخفاء المثيرة في حمار الزرد واحدة من الأمثلة العديدة، وهي تحدث في المكان والزمان المناسبين فقط – أي في الموطن الطبيعي لحمار الزرد وأثناء الضوء الخافت – فعندما نبحث في استخفاء أي حيوان يجب علينا أن نتصور المنظر والإضاءة على المشهد الذي يوجد فيه، ففي غينا تعيش وطاويط لها فراء أبيض نقي، فإذا كان لها أن تقضي يومها في أشجار مجوفة أو شقوق مظلمة أخرى كما هي الحالة في الوطاويط ببريطانيا فإنها قد ترى وتقتل، وبدلاً من ذلك فإنها تتعلق بأوراق النخيل في العراء، والسطح الأسفل لهذه الأوراق ذو لون فضي لامع مثل لون الفراء الأبيض للوطاويط النائمة.

إن قاع البحر بين الشعاب المرجانية عبارة عن حديقة متلألئة الضوء بالألوان المتوهجة ويظهر فيها الحيوان ذو اللون السنجابي الأسمر كأنه قفاز أسود ملقى في حوض من الزهور، ولكن تبدو الأسماك الزاهية الألوان كأنها جزء من الحديقة نفسها وتماثل تموجات زعانفها اللطيفة تمايل نبات حمول البحر مع حركة الماء.

ما أعظم الاختلاف الذي يستطيع السطح الملائم أن يفعله حتى لطائر أبي الحناء المعروف، فالطائر وهو يقفز على الثلج يعطي مثلاً لبطاقة حقيقية لعيد الميلاد ويظهر صدره الأحمر واضحاً، والآن يمرق الطائر إلى الجانب المستتر من السياج ويختفي، فهل حقيقة تشاهد الطائر جاثماً هناك؟ وتتحرك بهدوء نحو المكان الذي استقر فيه وفجأة يفسر عقلك ما تراه عيناك، فتلك الورقة القرمزية الكئيبة بين الغصون العارية ما هي إلا طائر أبو الحناء نفسه يرقد في سكون تام يتطلع إليك، فرأسه وجناحاه السمراء تندمج مع لون السياج الأسمر، ومنقاره الذي يشاهد طرفه هو مجرد نقطة، وأرجله هي الفروع الجافة الرفيعة جداً، ولا يتطرق لذهن أي شخص أن طائر أبي الحناء في حاجة إلى الاستخفاء لما له من قدرة كبيرة على العناية بنفسه، ولكن الحقيقة تبقى وهي أنه طائر غير واضح إذا ما شوهد في بيئته، وهذا يفسر ما يروى عن الكثيرين ممن يعرفون أبا الحناء في الصور بأنهم لم يروا الطائر نفسه قط.

ومعظم الأمثلة التي تم وصفها الآن هي استخفاء خداعي أو مبهر في حيوانات ذات لون أسود وأبيض أو بالأحرى ذات تلوين هادئ، ويوجد مثل لتناسق الألوان الرقيق في دودة بشارة الحناء، وطريقة اللون في هذا الكائن لها أهمية خاصة من حيث أن الدودة تقضي معظم حياتها مقلوبة من فوق إلى تحت ولها تظليل معاكس بطريقة مختلفة عن المعتاد.

وديدان هذه البشارات عبارة عن كائنات بدينة ذات لون أخضر باهت، ويبلغ طولها عندما تكون النمو بوصتين، ولا تشاهد عادة إلا في

أوائل فصل الخريف عندما تزحف متعمدة للبحث عن بقعة من الأرض هشة يمكنها أن تحفر فيها لتتحول إلى عذراء وتحتمي من برودة الشتاء، ولكن يتعذر رؤية الديدان في أسابيع فصل الصيف عندما تنمو وتأكل من بين أوراق الحناء، وتختبئ الدودة بالأوراق ولا يراها الناظر من حل على سياج الحناء، ويداهمها الخطر من صائديها إذا تطلعوا إلى أعلى مثل طائر التمير الأزرق الذي يتأرجح على الغصون ويقف بجانب سياج من نبات الحناء وينظر إلى الغصينات الصغيرة القريبة من قمة النبات حيث توجد الأوراق الأكثر ليونة والتي تختارها الديدان كمكان تقتات فيه، وكل ورقة من نبات الحناء تنحرف عن الساق إلى أعلى وتنطوي جزئياً مثل كتاب نصف مفتوح، وعلى ذلك تشاهد أعداد من الأوراق ذات اللون الأخضر الباهت في منظر جانبي ويظهر العرق الأبيض الأوسط في كل ورقة بوضوح مثل قاعدة الكتاب ويتألق الضوء إلى أسفل خلال العروق الجانبية الباهتة.

والآن وقد تعودت عيناك النظر إلى أوراق الحناء نفسها يمكنك أن تبدأ البحث عن شيء يظهر كأنه ورقة إضافية وأكثر ضيقاً نوعاً عن الأخريات، فإذا عثرت على هذه – الدودة – فإنك تشاهد حشرة مستديرة الجسم ملونة بدقة حتى أنها تبدو كمنظر جانبي لورقة رفيعة يلمع الضوء خلالها، وتحتضن الدودة الساق بطرف ذيلها وتميل إلى الوراء مقلوبة من أعلى إلى أسفل لتصنع زاوية مع الساق مثل التي تصنعها الأوراق، أو قد تمدد جسدها تحت العرق الأوسط في الورقة وتبقى معتدلة ساكنة معظم ساعات النهار، ثم تأكل وتتحرك معظم الوقت تحت جنح الظلام، ومهما

يكن فإنها تقضي الجزء الأكبر من حياتها النهارية في وضع مقلوب من أعلى إلى أسفل.

وسطح الدودة العلوي المضاء لونه أخضر كورقة الحناء وكذلك جانبا الجسم، والظهر الذي يكون أغلبه في الظل ذو لون أخضر مصفر باهت وإذا ما ظلل يظهر بنفس لون باقي الجسم، وعلى ذلك ينعدم الظل الأسفل المعتم الذي قد ينم عن جسم مستدير أصم ويظهر الجسم مسطحاً، وتوجد على طول جوانب الدودة خطوط بيضاء وعلى طول كل منها خط أرجواني اللون، وهذه الخطوط على أبعاد متساوية من بعضها وبنفس الزوايا التي عليها العروق الجانبية للورقة، ويظهر الخط الأرجواني كظل مبيناً العرق الأخضر واضحاً وتوجد بين الخطوط مساحات صغيرة ذات لون أرجواني قرنفلي فوق سطح أخضر ويكون التأثير مشابهاً تماماً للمساحات قليلة الظل الموجودة بين العروق في الورقة.

فإذا تطلعت إلى الدودة نفسها بعيداً عن بيئتها الطبيعية فإنك ترى حيواناً مجسماً واضحاً وعلى جلده ألوان خاصة، وإذا شاهدتها معلقة تحت ورقتها في أحد أيام الصيف والضوء الأخضر يسقط عليها من خلال الأوراق(*)، فلا تظهر الحشرة مسطحة فحسب بل وفي الغالب شفافة وعلى سطحها عروق باهتة مثل خطوط متعاقبة مع ظلال أرجوانية من تحت الأوراق، ويستدق البروز القرني المنحني المعتم في ذيلها إلى حد يصرف النظر عن طرف الدودة الذي ليس رفيعاً مثل العنق الذي يربط

(*) قم بعمل أفضل من ذلك بالنظر إليها خلال زجاج أخضر.

الورقة بالساق، ويوحي الخط الباهت على ظهر الدودة بوجود عرق أوسط يتمم المخادعة.

الاستخفاء للاعتداء

سنسرد الآن أمثلة بعض الحيوانات المفترسة أو آكلات اللحوم التي يساعدها الاستخفاء في القبض على فريستها؛ فالببر أولاً له خطوط سوداء على فراء لونه برتقالي مشرب بالأسمر النحاسي والأجزاء السفلى باهتة ويعيش بين حشائش طويلة لونها أبيض مائل إلى الصفرة تظل جافة معظم أوقات السنة أو بين الغاب في المستنقعات، ويحدث الضوء الساطع الذي يسقط على الحشيش الطويل أو سوق الغاب ظلالاً على هيئة خطوط ذات ألوان سوداء زاهية، ويكون من المستحيل في مثل هذه البيئة رؤية الببر متحفزاً ولكن ينم عن وجوده اندفاعه في هجوم مفاجئ فقط أو عندما يقفز كالبرق.

وهناك أنواع مختلفة من الأسماك المفترسة لها طرق مثيرة في الاقتراب من فريستها، فتظهر سمكة المحرب كأنها كتلة من الخشب تماماً، أما عيناها وهما الظاهرة الوحيدة التي قد تفضح أمرها فتستخفي بواسطة خط معتم اللون يمر بهما ويمتد على طول الرأس كلها، وتترك السمكة نفسها لتندفع مع التيار حتى تصير في محاذاة فريستها، وبحركة فجائية من الرأس تقبض عليها، وكل من أسماء المحرب والقشر التي تعيش بين الغاب والسمار مميزة بخطوط معتمة اللون.

والجون دوري سمكة غريبة عليها سيماء الكآبة وتشاهد غالباً في مربى السماك، لها جسم مضغوط الجانبين نقطة سوداء كبيرة، ولهذه النقطة أسطورة، فيحكى أن القديس بيتر التقط مرة سمكة "جون دوري" من الماء بين أصبع وإبهام فطبعت علامة الأصبعين منذ ذلك الوقت على هذه الأسماك، وتحتفظ هذه السمكة بجسمها متوتراً وتدفع نفسها طولياً بواسطة تموجات سريعة من زعانف شفافة بالقرب من ذيلها، وتظهر السمكة رفيعة إذا شوهدت من الأمام وكأنها مجرد خط أو خيال في الماء، وعندما تصيد تنتصب زعنفتها الظهرية وبذلك يزداد ارتفاعها الظاهر، وهذه السمكة مولعة بالأسماك الصغيرة وترقبها بانتباه وتدنو منها رويداً رويداً حتى إذا ما صارت على بعد بوصات قليلة منها تفتح فمها الكبير وتدفع فكيها البارزين إلى الأمام وتجذب السمك فيه مع قوة اندفاع الماء.

وهناك نوعان على الأقل من العلاجيم تربض في سكون تام على أرض الغابة بالنهار، وهي تشبه تماماً الأوراق الجافة المبعثرة هناك، وينتظر العلجوم فريسته كحشرة مثلاً حتى إذا اقتربت منه واحدة فبسرعة خاطفة يعطيها لطمة خفيفة من لسانه اللزج الذي يندفع ثم يعود بالحشرة عالقة به، ويوجد في جنوب إفريقيا نوع من مثل هذه العلاجيم (صورة–٣) يشبه ورق الشجر شكلاً ولوناً، فله جسم مسطح وكذلك الرأس، وهذا السطح المسطح ممتد إلى الخارج بواسطة تجعيدة من الجلد على طول الجانبين وتتصل بحافة فوق العين، وهذا السطح يشبه ورقة الشجر في الحجم والشكل تماماً ويتماثل في التلوين بالأوراق المبعثرة على أرض الغابة والتي لفحها الجو باللون الأسمر الرمادي، وجسم العلجوم من تحت هذه

التجعيدة مخصب باللون الأسمر الكستنائي، وحيث أن هذا اللون ملحق بالضوء الأخضر الساقط خلال الأوراق فإنه يعطي تأثيراً بصرياً للون أسود يتحسن بالظل الحقيقي الذي تسقطه تجعيدة الجلد.

والتأثير الناتج هو ظل عميق محدود تماماً، وبما أن النتيجة تشمل التكوين والتلوين معاً فإن العلجوم المجسم يظهر كأنه ورقة جافة عديمة اللون تلقى ظلها إلى أسفل فينجو من الهجوم عليه ولا يبعث في نفس الكائنات الصغيرة التي يحتاجها لطعامه أي تحذير بوجوده.

الفصل الثاني

الضوء واللون والإبصار

إنك تستطيع أن ترَى وتُرى في وجود الضوء، وهذا معناه عند الحيوانات ضوء الشمس والقمر والنجوم، ويجب علينا أولاً في موضوع الإبصار هذا أن نفرق بجلاء بين ثلاثة أشياء تقررها لنا عيوننا كبشر: الضياء أو شدة التنوير – ضوء شديد، ضوء معتم أو ظلام – والشكل والمميزات الأخرى للأشياء المحيطة بنا ثم ألوان الأشياء، فماذا ترى الحيوانات من جميع هذه الأشياء؟ وكيف تكون في عينها؟

إن معرفة الضوء وقوته وشدته من الأمور الجوهرية في عالم الحيوان، وفيما عدا التباين الواضح بين النهار والليل فهناك تغييرات طفيفة ثابتة أثناء ساعات الظلام وساعات ضوء النهار – تغييرات ناشئة عن الجو ومرور السحاب وأشكال القمر – ففي كل ساعة بين شروق الشمس وغروبها يختلف ارتفاع الشمس ونوع الضوء علاوة على أكبر أو أقل درجة للضوء في الصيف والشتاء، فكل هذه الاختلافات الضوئية لها أهميتها في عالم الحيوان.

والشمس هي المنبع الظاهر الذي تستمد الطبيعة حياتها منه، والمادة الحية (بروتوبلازم) حساسة للضوء وتستجيب له، وأصغر الكائنات مثل

البكتريا والأميبا (المتحورة) ما هي إلا مجرد جسيمات من المادة الحية تتحرك في ضوء تكون قوته أكثر ملائمة لطبيعتها، وتبدى الحيوانات الأكبر منها ذات الأجسام المنتظمة أيضاً هذه الحساسية للضوء في أن أجزاء مختلفة من جلودها حساسة للضوء، ويظهر هذا جلياً في دويدات الذبابة المنزلية (دودة طعم السمك) والديدان التي توجد في الجبن، فإذا وضعنا بعض هذه الدويدات الباهتة عديمة العيون على ورق أبيض في حجرة مظلمة وأسقطنا على الورق ضوءاً من مشعل يدوي فإنها تتحرك بسرعة بعيداً عن منبع الضوء حتماً لأن الظلام فيه أمنها ويلاءم حالتها الطبيعية.

وبالرغم من أن دودة الأرض ليست لها عيون فإن كان جلدها حساس للضوء أيضاً وبالأخص عند طرفي الرأس والذيل(*)، ويلاءم الظلام أو الضوء المعتم جداً طبيعتها، فهي تقضي ساعات ضوء النهار في الأرض ولكنها أثناء حفرها من وإلى الأرض قد تطل برأسها أو بطرف ذيلها قليلاً في الضوء وذلك يعني خطراً عليها من العيون الحادة للطيور، وتحذرها عادة حساسية جلدها في الوقت المناسب، وتترك الديدان جحورها غالباً بالليل للبحث عن طعامها عندما يكون هناك قلة من أعدائها أو ترقد على الأرض وأطراف ذيولها مستكنة في مأمنها، ويبدو لها أن تستمع بنسمات الهواء في ضوء الفجر المعتم ورؤوسها مطلة خارج جحورها ومن ثم يلتقط الطير المبكر الدودة، وإذا أردنا اختبار حاسة الضوء في دودة الأرض بأنفسنا فما علينا إلا أن نذهب بسرعة بعد الظلمة تماماً إلى بقعة بها خضرة

(*)توجد في الجلد خلايا بتركيب يشبه عدسات دقيقة تركز الضوء على أطراف الأعصاب.

قصيرة رطبة، وهناك سنجد نصف أجسام الديدان في الجحر وبقيتها خارجه، وإذا أوقدنا مشعلاً يدوياً على واحدة منها فبعد برهة قصيرة – لأن الدودة لا تتجاوب بسرعة – يختفي الرأس في الجحر وتتلاشى الدودة في اللحظة التي تشعر فيها بالضوء على جلدها.

وعلى العموم ليس الجلد كله حساساً للضوء في كثير من الحيوانات، ولكن توجد نقطة خاصة تكون حساسيتها قوية، فمثلاً يتحاشى الحيوان بواسطة "العيون الأولية" الضوء اللامع جداً أو الضوء المعتم جداً وهي حقيقة بداية نشأة العيون، فالقواقع وبعض الصدفيات وقناديل البحر ونجمة البحر من بين الحيوانات العديدة ذوات العيون الأولية، ومن المهم أن الصبغ في كثير من العيون الأولية هو صبغ كرتيني لونه أحمر برتقالي وتركيبه الكيماوي له علاقة وثيقة بالأرجوان البصري الذي يلعب دوراً مهماً في عيون الحيوانات الفقارية.

ومهما كانت السبل الأخرى التي قد تنشأ بها العيون في الحيوانات العليا فهي دائماً تحتفظ بهذه الوظيفة المهمة الأولى لقياس البريق أو شدة الضوء الذي يقع عليها، ثم أنه في كائنات المرتبة الأعلى تظهر القدرة على رؤية الدنيا خارج أنفسها، وقد تكون هذه بطريقة غامضة معتمة كما في الدودة التي قد تستطيع أن ترفع الورقة بعيداً عنها لمسافة بوصتين أو ثلاث بوصات أو قد تكون بالإبصار الحاد وإلى مسافة طويلة كما في الإنسان أو الطيور، فكل مجموعة من الحيوانات لها هيئة العيون الخاصة بها بمثل ما لها شكلها الخاص وطريقتها الخاصة في الحياة تماماً، وكلما يكون

تشابه الحيوان لنا قليلاً تكون قدرتنا على تقدير كيفية رؤيته للدنيا قليلة، ويجب أن يعيش كل حيوان في دنيا بصرية خاصة به في أغلب الأحيان.

الرؤية

تحتاج رؤية الأشياء وما يحيط بها إلى استعمال خاص للضوء — أي الضوء الذي ينعكس من هذه الأشياء إلى العين، وقبل أن تكون هناك قدرة على الرؤية يجب أن توجد العيون والضوء وكائن حي له جهاز عصبي ووعي، فالضوء واللون والهيئة العامة للأشياء كما نعرفها مثلاً توجد في أذهاننا فقط وهي تصاحب وظيفة خاصة في المخ.

ويمكن القول أنه توجد حتى الآن حيوانات كثيرة جداً لا ترى الألوان وهي ترى كل شيء بلون أسود وأبيض وظلال رمادية كما في الصور الشمسية، ومن الممكن أن تعرض الصورة قدراً كبيراً، وفي الحقيقة من السهل أن نتناسى أن الصورة الجيدة ليست الشيء الحقيقي، وتعودنا على رؤية كل شيء بهذه الطريقة في السينما، ولم يغن الإحساس بالواقع بعد، وأيضاً إذا استعملنا نظارة معتمة اللون أو ملونة لمدة قصيرة فإن عيوننا تحقق من خلالها جميع الأغراض العملية الكافية، ويظن أن أغلب الحيوانات ذات الدم الحار من ذوات الأربع (الثدييات) ترى دنياها بهذه الطريقة الفوتوغرافية، فمثلاً لم تنجح المشاهدات الدقيقة على القطط والكلاب في إظهار قدرتها على تمييز الألوان من الظل الرمادي إذا كانا بنفس البريق، كما توجد اختلافات طفيفة في تركيب عيونها وعيوننا.

وتتغذى أغلب الحيوانات الثديية أو تصيد وقت الغسق والفجر أو أثناء الليل وتظهر كل من القطط والفئران في هذا الوقت، ويستريح الوعل مستتراً أثناء النهار ويأكل في ساعات نور الغسق ولا توجد أية ألوان(*) أثناء هذه الساعات وتكون الدنيا كمسرح من ظلال بيضاء ورمادية وسوداء، وتستطيع هذه الكائنات البرية أن ترى بوضوح تام دون أن تكون لها حاسة لون عندما تكون أقل نشاطاً في النهار، ويكسو الحيوانات الثديية اللون الأسود أو الأبيض أو الرمادي أو الأغبر وألوانها الزاهية هي الكستني والأسمر البرتقالي في السنجاب الأحمر وابن عرس والزراف، وتوجد الألوان الزاهية بين النسانيس والقرود فقط كاللون الأحمر والأخضر والأزرق، وهذه الحيوانات وحدها لها حاسة اللون دون بقية الثدييات.

تنتقل الحيوانات في أوقات تتمكن فيها من الرؤية الحسنة

ترتبط حياة الإنسان الطبيعية خارج الدور بساعات ضوء النهار، فالفلاح يمارس طول حياته عادة الاستيقاظ مع الشمس والنوم بعد الغروب؛ لأن عين الإنسان ترى أكثر في ضوء النهار وتضبط نفسها مع ضوء الغسق، ويمكنها بالتدريب أن ترى ولو بعض الشيء في الليل المظلم، ولكن هذا استعمال للأداة في غير الغرض الذي وضعت من أجله وتعطي نتائج ضعيفة جداً.

(*) أو ربما يمكن القول أن الضوء يكون خافتاً جداً لآلية تحليل اللون كالعين مثلاً لتعمل.

ويوجد في كل مكان ارتباط وثيق بين نوع البصر في الحيوان والوقت من النهار أو الليل الذي فيه يتحرك أو يلعب أو يبحث عن غذائه أو يجد أليفه، وتسعى معظم الطيور لتنهي عملها بالنهار عندما تستطيع الرؤية، وتستقر آمنة في أماكن نومها قبل أن يحل الظلام، ولا يستطيع الحمام الزاجل متابعة طريقه في الليل وينشط النحل والزنبار والفراش وخنفسة أبو العيد واليعسوب وجملة حشرات أخرى مشهورة في ضوء النهار إذا سمحت الأحوال الجوية، ويعرف الكثير عن عيون النحل والفراش فهي تتمكن من الرؤية بجلاء فقط في ضوء جيد صاف، وهذا حقيقي خصوصاً في الفراش، فهي تطير أو تحط لتأكل من الزهور في يوم دافئ صاف من أيام فصل الصيف، فإذا مرت سحابة وحجبت الشمس يتضح أنها اختفت كالسحر، فتجثم وتطوي أجنحتها لأنها لا تتمكن من رؤية طريقها في أمان واكتشاف عدو يقترب منها.

ويدب النشاط في حيوية الطبيعة الليلية سواء كانت مختفية أو ساكنة أثناء ضوء النهار إذا ما الضوء ذبل، وترفرف الوطاويط في السماء جادة في البحث عن غذائها من الحشرات وقت الغسق وتستطيع أن ترى بجلاء في هذا الوقت وتذهل إذا أزعجت وقت النهار، وهي تقتنص في ضوء القمر ولا تفعل إذا كانت السماء حالكة السواد، وهذه هي طريقة البوم أيضاً، فإذا ما أخذت تنعق في ليلة بها سحب فهذا يعني أن السماء صفت بقدر يسمح بها بأن تسعى للصيد أو أن الفجر أضحى قريباً.

وتستطيع بعض الحيوانات دون شك أن تستعمل الأشعة تحت الحمراء "كضوء" وهذه الأشعة غير منظورة لنا، وهذا صحيح في جمبريات المستنقعات الصخرية، ويستطيع البوم أن يقتنص الفئران في الظلام لأن هذه القوارض ذات الدم الحار جداً تطلق أشعة تحت حمراء تجعل من السهل على عيون الطيور الليلية رؤيتها، وتعرض بقعة من الحشائش الخضراء مظهراً حيوياً مثيراً للدهشة في ليلة مظلمة من ليالي شهور السنة الدافئة، وتكون ديدان الأرض وجلدية الثوب والجعارين والبزاقات والقواقع منهمكة في الانتقال أو التغذية وقد تمر بها ضفدعة أو قنفذ.

وتتسلق القواقع الشجيرات لتأكل من الفاكهة والأوراق، وتتغذى الدودة العصوية الغريبة التي تقضي وقت النهار متوترة وفي سكون يشبه الغيبوبة بالأوراق، فالعيون والعيون البدائية والجلد الحساس – أيها يناسب هذه الحيوانات – تتوافق كلها مع ضوء الليل المعتم.

ويندر أن تكون المناطق الصحراوية مظلمة حقيقة لعدم وجود السحب الليلية، ويمكن رؤية الأشياء القريبة في ضوء النجوم المتألقة حتى بعين الإنسان، وأكثر من هذا بواسطة الذئاب والثعالب والقطط والقوارض التي تختفي أثناء حرارة النهار المحرقة وتظهر عندما يكون الليل حولها بارداً.

الإبصار الليلي للبوم والقطط

"أيها الساري في ظلام الليل باهتاً.. فالبوم والقط والوطواط من رؤياك تبتهج"

(قول مأثور)

كثيراً ما تتخذ البومة والقطة كرمز لليل، أن عيون هذه القناصة الليلية تشترك كلها في أشياء كثيرة معروفة، وتشبه عينا القطة في الظلام كرتين سوداوتين كبيرتين، وإنسان العين فيها – وهو مماثل لحاجب آلة التصوير الذي يستعمل في الضوء الخافت – متسع عن آخره وتنظر خلال هذا الثقب وخلال العدسة على المنطقة السوداء خلفه، والعيون الكبيرة وإنسان العين المتسع عن آخره تسمح لأقصى كمية موجودة من الضوء بأن تسقط على المنطقة الحساسة في مؤخرة العين، وعيون القطة موضوعة في مقدم الرأس وتنظر إلى الأمام –على عكس ما هي عليه في الطيور وفي الحيوانات التي تنظر غالباً إلى الجانب، وتكون كل عين منها صورة خاصة بها، وفي القطة والبومة تكون كل عين صورة لنفس الشيء من جانب مختلف قليلاً، وعلى ذلك يكون التأثير الوجداني مزدوجاً وأشد وضوحاً، ولا بد من تقدير مسافة الشيء أيضاً، أن شبكية العين وهي الجزء الحساس للضوء والتي تماثل شريطاً أو لوح المصورة (الآلة الفوتوغرافية) بها عدد كبير من الخلايا الحسية التي تناسب إبصار نور الغسق، وهذه لا تستطيع أن تحتمل ضوء النهار الساطع وهي مستترة بالإغلاق التام لحاجب إنسان العين غالباً، وكل ما نراه في ضوء النهار هو ثقب أسود ينفذ منه الضوء،

وللبومة ميزة أخرى إضافية، فحاجب إنسان العين فيها يضبط نفسه فوراً في حالة تغيير الضوء، ولا تأخذ عدة ثوان لتتوافق كما هي الحال عندنا.

وترى القطط الأليفة بالطبع في وقت النهار جيداً، وتضبط وقتها جزئياً حسب عادات أصحابها، ولكن أغلب أنواع البوم لا تتمكن من الرؤية إلا بصعوبة تامة في ضوء النهار وتبقى مختبئة من أجل سلامتها، ومع ذلك يمكن أن تسمع البومة الصغيرة وترى في ضوء النهار، وليس شاذاً أن تلمح البومة الكبيرة الباهتة مستقرة في عرض روضة.

إبصار اللون

تنبعث من الشمس إلى الأرض أمواج أو أشعة مختلفة الأطوال أثناء النهار، وتسمى كل حزمة من هذه الأمواج الضوء، وتستقبل نقط الماء في السحب هذه الأمواج ثم تعكسها بالطريقة التي نرى بها قوس قزح أي ألوان طيف النور السبعة المعروفة وتظهر أطول هذه الأمواج لعين الإنسان حمراء بينما تظهر أقصر الأمواج بنفسجية.

ويحتوي الإشعاع الشمسي علاوة على الأمواج التي تظهر كضوء أبيض أو كألوان طيف النور على أمواج ذات أطوال أخرى كثيرة، وتتداخل أطوال الأمواج وهي المعروفة باسم "تحت حمراء" مع أطول الأمواج الحرارية كما تتداخل أقصر الأمواج وهي المسماة فوق البنفسجية مع أسرع الأمواج وأشدها، وقد يظن أن عين الإنسان عبارة عن جهاز يستقبل أشعة الشمس الكهربائية من بين أمواج طولية تبلغ ٤٠٠٠ أ (أحمر) و٨٠٠٠

أ (بنفسجي) كما أن الطاقم اللاسلكي عبارة عن جهاز يستقبل الأمواج الطولية التي قد تبلغ ٣٠٠ إلى ٧٠٠ مترا، وتوجد في وسط المنطقة البنفسجية لطيف النور موجة طولية تبلغ ٤٢٠٠ أ في حين أنها في وسط المنطقة الحمراء تبلغ ٧٠٠٠ أ(*).

ولكن عندما نفكر في اللون فالأشياء الملونة لا الضوء الملون هي التي تخطر بأذهاننا، ويبدو ضوء النهار الذي هو منبع اللون غير منظور غالباً وفي الحقيقة بدون لون، والسحب الملونة هي التي تصنع الغروب، وتنتج زرقة السماء وخضرة الحشيش وألوان ملابسنا وأثاثاتنا كلها من الضوء الأبيض المعقد الذي يسقط عليها وينطلق أو ينعكس منها بطرق خاصة أو يمر خلالها كما هو الحال في الزجاج الملون، وتظهر ورقة الشجر خضراء لأنها تحتوي على مادة تعكس أطوال أمواج حمراء خاصة بعدما كانت تمتص كل الأمواج ما عدا الخضراء. وتسمى المواد التي تمتص بعض الأمواج وتعكس البعض الآخر توافقياً الأصباغ، والأصباغ التي تمتص جميع الأمواج من جميع الأطوال تظهر سوداء والتي لا تمتص شيئاً ولكن تعكس جميع ألوان طيف النور تظهر بيضاء، وبعض الأصباغ ليست ناتجة عن أصباغ ولكنها تكون نتيجة لضوء ساقط على مواد لها نسيج خاص، وستكون ألوان الأصباغ وألوان النسيج موضوع بحث الفصل الثالث.

وبما أننا عرفنا الآن كيف تنتج الألوان من فعل الضوء على الأشياء المادية يبقى هناك سؤال قديم: هل يوجد حقيقة أي شيء يقال له أحمر أو

(*) وحدة الأنجتروم التي هي عبارة عن جزء من عشرة ملايين جزء من المليمتر. (انظر ملحق ١)

هو مجرد شعور في نفوسنا؟ إن حقيقة اللون الأحمر أو أي لون آخر لا يمكن إثباتها عقلياً، وكل ما نعرفه بالتأكيد أن عيوناً مناسبة ووعياً يعملان خلال جهاز عصبي يؤدي إلى التدريب على اللون وأن أي تغيير بسيط في التركيب ينتج عنه عمى لون تام للشخص أو للحيوانات التي لا تختلف كثيراً في تركيبها عن الإنسان ولو أنها مجردة من حاسة اللون.

الحيوانات التي تختلف فيها حاسة اللون عنا

تجنى البوم كما رأينا فائدة خاصة من الأمواج الحمراء العميقة، ومن المحتمل أنها تستخدم أيضاً جزءًا من الأمواج تحت الحمراء، وأخيراً تشكك بعض العلماء في استخدامهم لهذه الأمواج حسب نتائج تجاربهم في المعمل، ولكن منذ أن عُرف أن الصبغ الأخضر في النبات يعكس مقداراً كبيراً من الضوء تحت الأحمر فمن الممكن أن البوم الذي يطير فوق روضة يستطيع رؤية بصيص باهت من الحشائش في الوقت الذي يعجز فيه عن رؤية أصغر كمية من اتساع تحت الحمراء في تجربة داخل المعمل، وإذا كان من الصعب علينا أن نتصور أي حيوان وهو يرى بواسطة "الأشعة تحت الحمراء" فما علينا إلا أن نذكر فقط الصور الشمسية التي تؤخذ على فيلم حساس للأشعة تحت الحمراء، ولذلك أخذ المؤلفان مرة صورة ملونة لمنظر عام ظل بالقرب من البحر باستعمال فيلم دوفي الملون، وبينت الصورة الإيجابية بعد ذلك حداً واضحاً للأفق وقمم الجبال.. إلخ، مظهرة أن الفيلم كان حساساً للأشعة تحت الحمراء، وأن الأشعة تحت الحمراء تنفذ في الضباب خيراً من أشعة أخرى، كما أصبح من المعروف الآن أن السماء في

الليل بها ضوء خاص يسمى الشفق المستديم ناشئاً عن خضرة غاز الأكسجين.

وعيون البوم حساسة أيضاً للطرف البنفسجي لطيف النور وربما يكون هذا غريباً لأول وهلة ولكن كما يعرف المصورون يوجد ضوء بنفسجي في طيف النور يظهر في ساعات الصباح المبكرة (مثلاً الساعة ٥ صباحاً إلى الساعة ٦ صباحاً في شهر مارس) أكثر منه في أي وقت آخر في مدة الأربع والعشرين ساعة وخلال هذه الساعات يستفيد البوم كثيراً ليقوم بالقنص.

ويستخدم النحل وهو جاد في عمله في يوم مشمس مضيء قليلاً من الطرف الأسفل لطيف النور ولكنها تستخدم الأمواج الزرقاء والبنفسجية كلها، كما أنها ترى بوضوح فوق البنفسجية – أمواج هي بالنسبة لعيوننا مجرد ظلام، وبذلت جهود كثيرة في دراسة حاسة اللون في النحل، فإن أهمية هذه الحشرات في تلقيح الأزهار وجمع الرحيق وتحويله إلى شهد كانت حافزاً طبيعياً لدراسة عاداتها دراسة واسعة، وقد أوحى ترددها على الزهور بقدرتها على رؤية الألوان، كما وجد أن قائمة الزهور التي تتردد عليها غالباً تضم الكثير من ذوات اللون الأزرق واللون الأرجواني، ومع ذلك فبعض الزهور لا تجتذب النحل بألوانها ولكن بالرائحة أو بالطلع أو بغزارة رائحة الرحيق الهادئة، ومن أمثلة ذلك شجرة عيد الميلاد واللبلاب والدبق والصفصاف. والنحل لا يرى الأحمر كلون ولا يستطيع تمييز اللون الأحمر من اللون الرمادي الداكن أو من اللون الأسود، ولكن لا يمنعه هذا من

التردد على زهور خاصة ذات لون أحمر صاف مثل الأثيث القرمزي، وكثير من الزهور التي ترى لنا قرنفلية اللون أو حمراء ينبغي أن تظهر للنحل زرقاء اللون لأنها ليست حمراء صافية بل فيها جزء من اللون الأزرق، ويمكننا أن نرى ذلك إذا تطلعنا لزهور نبات "قفاز الثعلب" ونبات "البنك استوك" خلال الزجاج الأخضر الذي يستبعد أطوال الأمواج الحمراء ويسمح برؤية اللون الأزرق فقط، ولهذا عندما يشاهد النحل وهو يتردد على الزهور الحمراء أو القرنفلية فمن الجائز أنها تتراءى له بلون أزرق ولكن هذه الزهور لا يميل النحل إليها إلا نادراً.

ولا بد أن حاسة اللون الخاصة في النحل تجعل دنياها تبدو مختلفة عن دنيانا بطريقة أخرى مثيرة، وليس مؤكداً أن السطح إن كان يعكس أو يمتص أمواجاً فوق بنفسجية، فالسطوح البيضاء التي تمتص هذه الأشعة تبدو للنحلة خضراء زرقاء وتجتذبها، ولذلك فكثير من الزهور ذات البتلات البيضاء أو الملونة بلون باهت خفيف تبدو للنحل أكثر تلويناً عما تظهر لنا، ويمكن القول أن النحل في أوروبا يعيش في دنيا لونها أصفر برتقالي وأخضر أزرق وبنفسجي أزرق. وأجريت تجارب كثيرة لفحص حاسة اللون في النحل، وسيوجد بعضها في كتاب "شخصية الحيوانات"، ونذكر هنا تجربة تقريبية وبسيطة وضع خطتها وأجراها المؤلفان – ويستطيع القارئ إجراءها – فقد صنعنا عدداً من الزهور البسيطة على هيئة الوردة البرية من ورق الكرتون الرقيق ووضع في وسط كل منها جديلة من السولفان مفتوحة من أعلى على شكل كأس صغير جداً وكل واحدة من هذه الزهور مثبتة في عصا مدببة، وطليت زهرتان بلون رمادي خفيف،

وكان اللون الرمادي مشابهاً في منظره أو ظله للون الأصفر، واختبر اللونان بالنظر إليهما من خلال منظار رمادي (غير زجاج كركس) وذلك للتأكد من أن اللون الرمادي واللون الأصفر متماثلان في نسقهما وبمعنى آخر لا نستطيع التمييز بين اللونين لو كان بنا عمى لون.

ثم وضعنا شهداً سائلاً في كأس السولفان لزهرة صفراء وتركناها في المخضرة في مواجهة الشمس في يوم دافئ مشمس، وقبل مضي وقت طويل اكتشف النحل الشهد وتردد على الزهرة مراراً بعد أن نقل كمية من الشهد إلى الخلية، وبعد ذلك أبعدنا الزهرة الصفراء الممتلئة بالشهد ووضعنا زهرة زرقاء وبالقرب منها أخرى صفراء وكانتا فارغتين فأهمل النحل الزهرة الزرقاء واتجه إلى الزهرة الصفراء وكأنه ربط بين اللون الأصفر والشهد، ولنتبين إذا كان النحل قد رأى اللون الأصفر حقيقة أو هو مجرد مظهر رمادي محقق، ضممنا الزهرة الصفراء والزهرة الرمادية معاً وهما مملوءتان بالشهد في شكل عنقود فاختارت الأغلبية الكبرى من النحل اللون الأصفر.

وفي يوم آخر روضنا النحل ليقصد الزهرة الحمراء المملوءة بالشهد فوجدنا أنه لا يستطيع تمييز اللون الأحمر من بين مجموعة الزهور السوداء والرمادية الداكنة وزارها النحل كلها بالتساوي عندما كانت محتوية على الشهد، وأثناء هذه التجارب قام النحل بحركات قد تدل على أنه عرف أن الزهور ليست عادية وأظهر قلقاً يسيراً. ووجد أن النحل يستطيع الرؤية في الضوء فوق البنفسجي وذلك بإسقاط طيف نور متسع (باستعمال ضوء

شديد ينفذ خلال منشور) على مائدة بيضاء في غرفة مظلمة، ويمكن ترويض النحل ليقصد الشراب في منطقة الضوء فوق البنفسجي، وتقاوم حيوانات أخرى كبراغيث الماء من الدفنيا والبلانريا الضوء فوق البنفسجي، ومن المعروف أيضاً أن الفراشات تتمتع برؤية الألوان، فالفراش الطاووسي مثلاً له مجال لوني يشبه ما للنحل تقريباً، وعلى العموم فالفراشات تفضل من الألوان الأحمر والأبيض.

حاسة اللون في الطيور

قد يكون عجيباً حقيقة لو أن الطيور التي يستطيع ريشها أن يعرض بعض الألوان وأشدها بريقاً في العالم يعوزها حاسة اللون، إننا نسلم أن الفاكهة الوردية والحمراء قرمزية، والقرمزية والأرجوانية تجتذب الطيور حسب ألوانها هذه، وتستطيع إناث الطيور أن ترى ألوان ذكورها اللامعة، فهل هذا مجرد افتراض؟ ومع ذلك فهل هناك أي دليل على أن الطيور ترى الألوان؟.. ولقد دلت التجارب أن الطيور ترى من الألوان الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر بوضوح، ولكنها لا ترى اللون الأزرق جيداً ولا ترى اللون البنفسجي مطلقاً، ولاختبار حاسة اللون في الدجاجة المنزلية وضع مصباح قوي في حجرة مظلمة بحيث ينفذ الضوء خلال منشور[*]، ويسقط طيف النور بألوان قوس قزح على الأرض، وبعثر عدد متساو من الحبوب في كل مجموعة من أشعة الضوء الملون، ثم أطلق سراح الدجاجة في الغرفة فالتقطت جميع الحبوب التي ظهرت بلون أحمر وبرتقالي وأصفر

[*] قضيب زجاجي مثلث الشكل.

وأخضر تقريباً ولكنها أخذت قليلاً جداً من الحبوب التي في الضوء الأزرق ولم تتناول شيئاً من الحبوب في اللون البنفسجي، فمن هذه التجارب وغيرها يتضح أن الطيور تستطيع رؤية الألوان الدافئة في الفاكهة الناضجة وتجتذب إليها.

ويتم تلقيح كثير من الزهور في بعض أجزاء العالم لا بالحشرات ولكن بواسطة طيور طنينة تثبت أنفسها لحظة أمام زهرة وتغمس مناقيرها في أنبوبة الرحيق بها، ولقد عرف "رث" أثناء رحلاته في البرازيل وجنوب إفريقيا وغرب أستراليا ١٥٩ زهرة تتردد عليها الطيور من أجل الرحيق ومن بينها ٨٤% أزهار حمراء اللون، فاللون الأحمر جذاب جداً للطيور الطنينة في جميع البلاد وجميع الأزهار التي تزورها لترتشف من رحيقها تقريباً ذات لون أحمر أو برتقالي أو أرجواني (خليط من الأحمر والأزرق)، ومن المدهش أن تقارن هذه الطيور بطيور "الطنان الناسك" في البرازيل التي هي كلها طيور ذات ألوان هادئة جداً بتلوين معدني خفيف، وقد لا تكون كذلك أحياناً، وبدلاً من أن تعيش في ضوء الشمس وتأكل من بين الزهور تستوطن الغابات المظلمة وتقتات كلية بالحشرات التي تلتقطها من فوق فروع الأشجار وأوراقها[*].

ولا يوجد اللون البنفسجي في تلوين الطيور نفسها كما أن اللون الأزرق غير شائع، ولكن عندما يكون ريش الطيور أزرق فهو أزرق ببريق معين كما هو الحال في المكاو وصياد السمك والطائر الضاحك والزمير

---

[*] تومسون.

الأزرق، وهذا ينطبق مع احتمال أن الطيور لا ترى اللون الأزرق بوضوح تام ولا بد أن يكون اللون أزرقاً لامعاً إذا نظرت إليه الطيور كلون، ومن المدهش أنه يلاحظ عملياً عدم وجود طعام ذي لون أزرق لأي طير أو حيوان ثديي.

حاسة اللون في الأسماك والجمبري

تتمكن بعض الأسماك من رؤية الألوان جيداً جداً، فيستطيع الشاني (سمك على شواطئ إنجلترا) وسمك المينو أيضاً أن يميز بجلاء في مجال واسع من الألوان، فإذا عرض على هذه الأسماك طعام مضاء بشعاع من ضوء ملون أو وضعت في أنبوبة مبطنة بورق ملون فإنها تتعلم في الحال أن تربط بين الطعام ولو معين كالأصفر مثلاً، فإذا وضع معها في الحوض أي شيء أصفر فإن الأسماك تتجه نحوه متوقعة أي شيء تأكله، وتستطيع التمييز بين اللون الأصفر وظل من الرمادي على أن يكون بريقهما واحداً. وتوحي بعض أصناف الأسماك بقدرتها على رؤية الألوان لأنها تضبط ألوان جلودها تبعاً للون السطح الذي يوجد فيه، وهذا حقيقي في حالة برغوث البحر والجمبري على سواحل إنجلترا، وسيبحث موضوع تغيير اللون في مثل هذه الحيوانات فيما بعد.

آلات إبصار اللون

في هذا الاستعراض لبعض الحيوانات التي عرفت حتى الآن بأنها تتمتع بحاسة اللون نجد أن هذه الميزة ليست خاصة بأنموذج واحد من

نماذج العين، فعيون الأسماك والطيور تشبه عيوننا تماماً، ولكن تختلف عيون النحل والفراش والجمبري اختلافاً كلياً، فهل من الممكن أن نشير إلى أي جزء في العين ونقول "ها هو الجزء الذي يتوقف عليه إبصار اللون؟"ومن المحتمل أن يكون الجواب في حالة عين الإنسان وما يماثلها "نعم"، وبطانة العين الحساسة أي الشبكية تشبه القلم أو لوحة المصورة، ويوجد في الشبكية عدد كبير من خلايا حسية على نوعين ظاهرين، وهذه تسمى بالنسبة لأشكال أطرافها قضبان ومخروطات، وكل من النوعين يتجاوب مع شدة الضوء الذي يسقط عليها وهي ترسل لأعصاب العين رسالات مختلفة بدرجات متفاوتة من الضوء الذي يصل إليها، فالقضبان تسجل العتمة والمخروطات تسجل البريق من شدة الضوء.

ومن المعروف أن القضبان تحتاج إلى فيتامين أ الذي يحتفظ لها بالحساسية للضوء المعتم جداً، ويوجد هذا الفيتامين في المأكولات مثل زيت كبد الحوت ودهن حيوانات أخرى وبقدر بسيط في البيض، ولكن تستطيع الحيوانات والإنسان تحويل الكرتين في الطعام له قيمته كفيتامين أ نفسه، ومن السهل الحصول على الكرتين في صورة الخضروات والجزر والطماطم ويوجد في القضبان صبغ خاص له علاقة بالإبصار في الغسق ويسمى الأرجوان البصري، ويبيض هذا الأرجوان البصري بواسطة الضوء الساطع في وجود فيتامين أ ومواد كيماوية أخرى، وعندما نمر فجأة من ضوء ساطع إلى ضوء معتم فلا نستطيع رؤية أي شيء في بادئ الأمر وبعد ثوان قليلة يتكون الأرجوان البصري ثانية ويستطيع الاستجابة للضوء المعتم في هذه الحالة ونشعر بأن عيوننا انتظمت معه، ومع ذلك فملائمة

العيون للضوء المعتم مسألة كيماوية ونقص فيتامين أ يمنع إعادة تكوين الأرجوان البصري الذي يتكون طبيعياً في الظلام عندما توجد كمية كافية من فيتامين أ.

وفي أثناء الملاءمة للاختلاف الفجائي في شدة الضوء يضيق إنسان العين أو يتمدد لينظم كمية الضوء التي تصل إلى الشبكية. ومن المحتمل أن المخروطات تستجيب وحدها مع أطوال الأمواج المنفصلة التي يمكن تفسيرها بلون(*)، وتكون المخروطات بالأخص عديدة عند نقطة مخصوصة "النقطة الصفراء" في شبكية كل عين، وعندما نحرك عيوننا لننظر إلى أي شيء فإننا نحركها حتى تكون هاتان النقطتان (في العينين) في مستوى مضبوط مع الشيء المرئي، وفي هذه اللحظة نراه بوضوح تام، والاختلاف بين استخدام القضبان والمخروطات غير واضح في الحيوانات الفقارية الدنيئة، فمثلاً قد تحتوي الشبكية في أنواع مختلفة من الأسماك العظيمة على كل من القضبان والمخروطات أو القضبان فقط أو المخروطات فقط، وليس الأرجوان البصري الذي يختلف في مقدرته على امتصاص الضوء محصوراً في القضبان.

وليس معروفاً حتى الآن إن كان أي جزء في عين الحشرة له أهمية خاصة في إبصار اللون، وسواء اكتشفنا "الآلات" الحقيقية لإبصار اللون أم لم نكتشفها فتبقى الحقيقة وهي أن العيون في الحيوانات المختلفة تفسر مجموعة الأشعة الشمسية نفسها بطرق مختلفة، فتوجد في الإنسان ثلاثة

(*)انظر الفصل الحادي عشر.

أنواع من عمى اللون بالإضافة إلى مقدرته على إبصار اللون "العادي"، ويفسر الإنسان والطير والوحش مجموعات مختلفة من هذه الأشعة الشمسية كضوء ولون بسيطين، وكلها ترى الدنيا بوسائلها الخاصة — وربما لا تراها على حقيقتها – ومهما يكن فالأشعة الشمسية تؤثر على الحيوانات سواء ترى هذه الأشعة كألوان كما في المناظر الفوتوغرافية أو لا ترى كلية، ولنا أن نذكر فقط التأثيرات القوية للأشعة فوق البنفسجية على الإنسان – أي الأشعة التي لا تراها عيونه.

تجارب يمكنك القيام بها

١) خذ شمعة مضاءة في الليل وقف عند مدخل حجرة أو ممر مظلم وحرك الشمعة أمام عينيك بهدوء وانظر إلى الظلام خلف اللهب، فتشاهد في الحال منظراً يشبه فروع شجرة مورقة، وهي الأوعية الدموية في الشبكية التي ينعكس جزء منها على ستار الظلام خلال العدسات.

٢) راقب في المرآة انقباض وتمدد إنسانى عينيك واحسب الوقت واجلس خمس دقائق وعيناك مغلقتان في حجرة مظلمة، ثم انظر في المرأة وأنت ممسك بشمعة مضاءة أو مصباح كهربائي بالقرب من عينيك، وعندما ينقبض إنسانا العينين تماماً لاحظ كم مضى من الوقت، ثم اسمح لهما بأن يتمددا ثانية باتساعات مختلفة في الظلام واحصل على تقدير تقريبي للوقت وذلك بأن تعد مائة أو مائتين ببطء وهلم جرا.

الفصل الثالث

الأصباغ الطبيعية وتأثيرات اللون

تعرض أغلب النباتات والحيوانات اللون كجزء من تركيبها الطبيعي، فالنباتات العادية خضراء اللون بزهور ملونة، والفطريات إما ملونة أو سوداء أو بيضاء، وهذا حقيقي بين الحيوانات ولو أنه توجد في البحر كائنات شفافة وبها أثر لون ضئيل، وأغلب الحيوانات غير الملونة التي نصادفها دائماً هي قنديل البحر ومع ذلك فيها نقط أو أهلة أو خطوط ملونة.

والمادة الحية أو البروتوبلازم الذي تتكون منه النباتات والحيوانات غير ملون ويظهر تحت المجهر كزجاج مملوء ببقع وفقاعات دقيقة وفجوات صغيرة جداً واضحة، ولكن الحياة معناها النشاط والبروتوبلازم في عمل مستمر، وأحد الأشياء التي يقوم بها صنع المواد لأغراض مختلفة — مواد قد تكون ملونة أو غير ملونة – فاللعاب مثلاً لا لون له بينما صفراء الكبد ذات لون أصفر أو أخضر، وتسمى أي مادة تلون الحيوان من الداخل أو الخارج "صبغ" وهذه التسمية مأخوذة عن استعمالها في الفنون ولذا فهي تشمل أسود وأبيض وألوان لامعة كذلك.

من أين تأتي الأصباغ ؟

بما أن النباتات هي مصدر الغذاء للحيوانات[٤] كان من الطبيعي أن نتساءل أولاً عما إذا كانت الحيوانات تصنع أصباغها أو تشتقها من أصباغ النباتات، وأكثر الأصباغ النباتات أهمية هي خضرة الأوراق المعروفة باليخضور (كلوروفيل) [٥]، وتنحصر أهميته في إنتاج الغذاء النشوي للنباتات بمساعدة القوة الشمسية، ويحيى النبات دون شك بالضوء، واليخضور خليط من أصباغ خضراء وخضراء زرقاء وصفراء وهذه الحقيقة تساعد في تعليل الاختلاف الكبير بين الألوان الخضراء الخفيفة التي تشاهد في أي حديقة أو في الحقول والألوان الصفراء الخفيفة في أوراق شجر البلوط الصغير أثناء فصل الربيع قبل أن تزداد الأصباغ الخضراء فيها.

وتتناول حيوانات البر التي تتغذى بالحشائش وأوراق النبات كمية كبيرة من اليخضور وكذلك الحيوانات البحرية التي تتغذى بالطحالب لأنه مهما يكن لون الطحالب الظاهر فكلها تحتوي على اليخضور، ورغماً عن هذا فالخضرة في الحيوان تنشأ في النادر من اليخضور، وهو يلون الكبد في القواقع وأصداف مختلفة، ويرجع الفضل في ألوان "الجندفلي الأخضر" (مرنس) المشهور للنباتات البحرية الصغيرة جداً التي تتغذى بها، ويوجد اليخضور على صورة محلول في دم ديدان خضراء مختلفة وهذا يعطي

---

[٤] الحيوانات العشبية تتغذى مباشرة بالنباتات، والحيوانات آكلات اللحوم تأكل اللحم الذي يكون من الغذاء النباتي بطريق مباشر أو غير مباشر.

[٥] مأخوذ عن اللفظ اليوناني كلوروس = أخضر وفيلن = ورقة.

جلدها لوناً أخضر خفيفاً، وديدان بشارة الملاك الظليلة لها لون أخضر لأن طعامها في القناة الهضمية يظهر خلال جسمها الشفاف، ومح بيض البط له أحياناً لون أخضر خفيف من صبغ يضعه الفلاحون في الطعام الذي تأكله هذه الطيور، ولكن قد يكون في بعض الأحوال راجعاً إلى عامل وراثي، وعلى ذلك فكل هذه أمثلة للون الأخضر في داخل الحيوان، وجميع الأصباغ الخضراء الموجودة في الجلد نفسه تقريباً هي منتجات حيوانية مثل اللون الأخضر في دودة الخرقة البحرية (يولاليا) وفي الذبابة الخضراء وفي ديدان كثيرة خضراء، وليست الألوان الخضراء الزاهية كما هي في السحالي والضفادع وريش الطيور مثلاً ناتجة عن أصباغ خضراء على الإطلاق، وسنرى فيما بعد كيف تحدث.

قلنا فيما سبق أن اليخضور عبارة عن خليط من الأصباغ الخضراء والصفراء، وأول الأصباغ الصفراء هو الكرتين المشهور الذي يعطي كثيراً من الفاكهة والزهور والخضروات ألوانها الحمراء والصفراء والبرتقالية، فالجزر والبنجر والطماطم أمثلة مألوفة، وثاني الأصباغ الصفراء يسمى زانثوفيل.

وأصباغ الكرتين التي تحصل عليها الحيوانات من غذائها النباتي تلون أجزائها الداخلية بطرق شتى، فصفرة مح البيض التي استعملها كثير من الأساتذة القدامى كصبغ في تلوين رسوماتهم هي كرتين، وينتج اللون الوردي في لحم سمك السلمون من صبغ الكرتين الموجود في الدهن واللون الأصفر في الزيوت التي تستخرج من كبد سمك القد والهلبوت تنتج من

نفس المصدر، وكذلك أيضاً اللون الأصفر في الزبد واللون الأصفر الزاهي اللطيف في "الأجسام الدهنية" التي هي مخزن الغذاء في الضفادع والعلاجيم وما شابهها.

وظهرت حالة غريبة لأثر كرتين الطعام على المستهلك في عائلة استشارات طبيباً لأن جلود أفرادها أصبحت صفراء وظنوا أنهم مصابون باليرقان (الصفرة) وكانوا يتناولون منذ مدة كمية كبيرة من الجزر النيئ المفري – بمعدل ثمانية أرطال في الأسبوع – علاوة على الجزر المطبوخ وزالت الأعراض في الحال بعد استبعاد الجزر عن طعامهم لمدة قصيرة، ويأخذ نوع واحد من الشعر الأصفر لونه من صبغ كرتيني كما هو الحال في الشعر الأحمر، وينبغي أن يلاحظ أن الكرتين له صور كثيرة تختلف اختلافات يسيرة في النباتات وحينما تكون في داخل جسم الحيوان تتغير عادة بنسبة كبيرة أو صغيرة قبل ظهورها كصبغ حيواني.

والصبغ الأصفر الثاني في الأوراق الخضراء – زنثوفيل – قد يلون أنسجة الحيوان عند اللزوم، فمثلاً عندما يأكل أرنب غذاءً أخضر ويهضمه فإن الزنثوفيل يتحلل بواسطة أنزيم في الكبد وتكون المادة الناتجة عديمة اللون، ومع ذلك فبعض الأرانب خالية من هذا الأنزيم، ويمر الزنثوفيل في الدهن ويصبغه باللون الأصفر ولا يرغب الكثيرون منا في أكل الأرانب ذات الدهن الأصفر وذلك يقلل من قيمتها في الأسواق، فلو أن هذه الأرانب أعطيت طعاماً خالياً من الغذاء الأخضر (الأذرة – الردة – البطاطس) أمكن الاحتفاظ بدهنها أبيض، ويرجع اللون الأصفر في أجنحة

فراشات خاصة (بابلو) ومجموعات أخرى عن صفرة نبات آخر (انثوزانين) تتناوله الديدان عندما تتغذى بهذه النباتات.

وحينئذ قد نقول أن الأصباغ النباتية التي تتناولها الحيوانات تميل إلى تكوين بعض الأجزاء الداخلية ولكن يندر جداً أن تكسب جلودها ألواناً، وبينما تتميز النباتات باللون الأخضر فإن الخضرة ليست لوناً مميزاً في الحيوان وسنكتشف بعدئذ مصدر أصباغ الحيوان.

أنواع أخرى من أصباغ الحيوان

إن أصباغ الجلد في أنواع عديدة من الحيوانات التي ليس لها عمود فقري – مجموعة اللافقارات – (زهور البحر – نجم البحر – الديدان – الأصداف – سرطان البحر، وهكذا) تكون على أنواع مختلفة كثيرة، وهي تختلف غالباً من حيوان لآخر ويمكن ترتيبها تقريبياً فقط في مجموعات كيماوية، ومع ذلك ليست الأصباغ في مجموعة الحيوانات الفقارية ذات العمود الفقري مختلفة كثيراً، وجميع الفقاريات لها دم أحمر، والدم هو نقطة البداية التي تنشأ منها أصباغ مختلفة، ويعرف الصبغ القرمزي الذي يلون خلايا الدم بالهيموجلوبين، وهو الذي يعطي في الإنسان اللون الأحمر للشفاه واللون الوردي للخدود، وتعمر خلايا الدم ثلاثة أسابيع فقط أو ما يقرب من ذلك ثم تتفتت بعد ذلك في الطحال غالباً وتحل خلايا جديدة مكانها باستمرار، وتوجد في الكبد أجزاء مفيدة من صبغ الهيموجلوبين المعقد تستبعد للاستفادة منها ثانية، وأجزاء أخرى يتخلص منها بطرق

مختلفة، وتحتوي الصفراء التي يفرزها الكبد على صبغين أخضر وأحمر وكلاهما من المنتجات المتخلفة من الهيموجلوبين، وجميع الألوان الجميلة في بيض الطيور كالأزرق والأخضر والأحمر كلها تقريباً من هذا المصدر، وينشأ اللون الأصفر الخفيف في بعض بيض الطيور من صبغ آخر ينتج من الهيموجلوبين كما هو الحال في اللون الأسمر لبيض الدجاج.

وقبل أن نترك موضوع الهيموجلوبين يمكننا أن نلمس شدة الشبه بينه وبين اليخضور فكل منهما عبارة عن مواد كيماوية معقدة جداً تنشأ على نسق واحد عجيب حول ما قد نسميه "نواة" متماثلة، ولكن العنصر الجوهري في نواة اليخضور هو الماغنسيوم الذي يقابل عنصر الحديد في نواة الهيموجلوبين، وصبغ اليخضور ضروري لحياة النباتات الخضراء كما أن الهيموجلوبين ضروري لحياة الفقاريات التي هي المجموعة السائدة في الحيوانات، ومما يدعو إلى الاستقصاء هو الاستفهام عما إذا كان اليخضور له فائدة خاصة كغذاء يستطيع البروتوبلازم الحيواني أن يكون منه الهيموجلوبين، وهناك شيء من الاعتقاد بأنه كذلك.

وتنشأ ألوان سوداء وسمراء وصفراء مع سمراء نحاسية من صبغ يسمى ملنين يتكون في الأنسجة الحية من مادة تنتج عادة وطبيعياً من هضم الأطعمة البروتينية، وينشأ الصبغ الملون من "طليعة"[٦] عديمة اللون إذا وجد إنزيم خاص، ولا يمكن أن تحدث العملية كما هي العادة إلا في وجود

---

[٦] طليعة تيروسين حامض الامنيا: إنزيم التيروسيناز.

الضوء[٧]، وعلى ذلك فالكيمياء الداخلية هي التي تحدد التلوين الخارجي، فالشعر والعيون السوداء والسمراء في الإنسان والحيوان، والجلود السمراء صفراء والزيتونية واللون الأسود والأسمر وبعض الألوان الصفراء في جلد وقشور السحالي والثعابين والضفادع والأسماك، كلها تنتج من الملنين وهو شائع في الحيوانات اللافقارية أيضاً.

ويوجد الملنين غالباً في العين مهما تكن حقيقة تركيبها في الحيوانات المختلفة، وهو يعمل كستار معتم يمنع الضوء من أن ينفذ في الجسم فيما وراء العين، ويستطيع الملنين في بعض المواضع أن يعطي تأثيراً أزرق اللون، ويرجع لون العيون الزرقاء في الإنسان إلى وجود الملنين خلف القزحية وهو الصبغ الموجود في عيون الأطفال الصغيرة، وغالباً تختفي الزرقة تدريجياً بتكوين الملنين أمام القزحية مما يجعل العين سمراء، وأحياناً قد تفسر زرقة العيون خطأ بأنها تنشأ عن عدم وجود الصبغ كلية.

وذرات الملنين فيما وراء القزحية صغيرة للغاية بحيث توجد بحالة صمغية، وهي صغيرة جداً لتعكس أمواجاً ضوئية ولكنها تبعثرها بدلاً من ذلك، وأقصر أطوال الأمواج – الزرقاء – هي التي تبعثر بشدة قصوى، وعلى ذلك فهي التي نلاحظها، ويشاهد نفس التأثير في حالة الدخان الأزرق أو الضباب، ويظن أن الملنين الذي يتكون أمام القزحية يوزع في

---

[٧] ما عدا للصبغ الأسود المبطن للتجويف البطني في بعض البرمائيات.

ذرات أكبر أو بكمية كافية تسمح بامتصاص كبير جداً حتى أن التبعثر يكون عديم الأهمية نسبياً(*).

وينتج جسم الحيوان أثناء القيام بوظائفه المعقدة عدداً من المواد الكيماوية التي هي منتجات مهملة قد تؤذيه إذا احتفظ بها، وتستطيع بعض الحيوانات التخلص منها بسهولة بالطرق العادية، ولكن قد تترسب في جلد البعض الآخر بشكل غير ضار وتساعد على تكوين الجسم، ومن الأمثلة المشهورة على ذلك وجود اللون الأبيض واللون الأصفر في أجنحة فراشات خاصة بالكرنب كخطافي الذنب، وهذا الصبغ وثيق الصلة بحامض اليوريا، وتظهر جوانب السمكة لامعة كمرآة جميلة لوجود صبغ الجونين الذي يوجد منه شكل آخر وهو الصبغ الأبيض (في خلايا القزحية) في جلد الضفادع والعلاجيم، وهذه الأصباغ الأخيرة من طبيعة المنتجات المهملة.

وحينئذ يمكن وصف أصباغ حيوانات كثيرة على ضوء تكوينها كمنتجات النشاط المختلف في الجسم، وينتج البعض من الامتصاص المباشر أو هضم الطعام –كأصباغ الكرتين في الشعر وهي المشتقة من الغذاء النباتي والملنين الذي ينتج عن هضم البروتين، وتنتج بعض الأصباغ بواسطة نشاط عضو كالطحال مثلاً وتمرر إلى الكبد الذي يفرزها على هيئة أصباغ الصفرة الناتجة عن تفتت كرات الدم الحمراء.

(*) ورؤى أيضاً أن الزرقة الظاهر قد تكون لوناً مكملاً للملنين (الذي يمكن أن يكون بلون أحمر خفيف) وقد يفسر هذا التأثير البصري.

أصباغ لحساسية الضوء:

إن وجود مثل هذه الأصباغ قد يبرهن على أنها مفيدة جداً في الاقتصاد الحيواني، وهلم بنا نعود إلى الكائنات أي الأوليات (البروتوزوا) التي تتكون أجسامها من بروتوبلازم عديم اللون، ففي الأميبا مثلاً يجب أن يسمح البروتوبلازم لجميع أطوال الأمواج بأن تنفذ فيه بالتساوي، ومع أن الأميبا قادرة على التمييز بين الضوء اللامع والضوء المعتم فهي تستطيع أن تكون حساسة للضوء بطريقة عامة فقط، وتكون قوة الانتخاب ممكنة عندما تكون كيمياء الحيوان أو النبات الدنيء نقطة من الصبغ الأحمر، ونسمح لنقطة الحمراء في العين بتمييز الضوء الأخضر والأشياء الخضراء، وقد يكون لهذا أهمية في الحصول على الغذاء، وتوجد الآن استجابة الضوء المنتخب، والبيئة مهما كانت صغيرة تبدأ لتنتظم، وقد نذكر للمقارنة كيف تكون البيئة مطموسة تماماً في عيون الطفل حديث الولادة ولكن عندما يظهر بعض الصبغ في العينين فإنه يتمكن من تمييز الأشياء الملونة، وتوجد النقطة الحمراء في عيون عدد من الكائنات التي تعيش في الماء كالرتفرز أو الدويبات ذوات العجلات وأنواع عديدة سابحة من نباتات ذات خلية واحدة مثل يوجلينا وكلميدمناس وفي يرقات ديدان بحرية (كثيرة الأهداب) وشوكية الجلد وحتى في الكائنات الكبيرة مثل نجم البحر، مع أن النقط الحمراء في عين هذه الأخيرة أكبر من أن تكون مجرد ذرة صغيرة من الصبغ، وتحتوي النقط الحمراء في العين غالباً على الكرتين، والكرتين كما رأينا سابقاً هو طليعة فيتامين (أ) الذي له علاقة وثيقة بالأرجوان البصري

الحساس للضوء، ويوجد الملنين في العيون الأولية أيضاً كما في الديدان الشريطية والمدوزا والحيوانات القشرية.

وبالتالي فإن الضوء الذي ينتشر بالتساوي على سطح ما يكون له تأثيرات مختلفة عن ضوء مركز في نقطة، كما يتضح هذا من استعمال عدسة الاحتراق، والضوء المركز على نقطة صبغ معناه الامتصاص النهائي لأكبر قوة عند تلك النقطة. وفي حالة وجود نقطة الصبغ الحساسة للضوء يكون لدينا الاحتمال في نشأة العين، ويتوقف العمل الصحيح لكل شكل من العين جزئياً على الصبغ، كما تظهر الاستجابة الحسية للضوء في الأصباغ المختلفة والخلايا الصبغية بواسطة تحركاتها أثناء ملائمة عيون الحيوانات المتعددة لكثافة الأضواء المختلفة، وسنعود إلى هذا الموضوع في الباب الحادي عشر، كما تظهر أيضاً من الاستجابة المباشرة للضوء بواسطة الخلايا الصبغية في أكثر الحيوانات التي تغير ألوانها.

الحماية من الضوء الزائد

قد تكون الأصباغ الموجودة على سطح أي حيوان ذات فائدة عظيمة في حمايته من ضوء شديد جداً، وكما أن الضوء نافع فقد يكون أيضاً ضاراً للأنسجة الدقيقة إن لم يكن مميتاً، وتوجد ستائر الصبغ في حيوانات مختلفة عديمة اللون، وهي تسمح لهذه الحيوانات بأن تتعرض للضوء الذي قد يكون ضاراً بدونها، فنجد مثلاً أن الجمبري بجسمه الشفاف وعضلاته الزجاجية له شبكة من الصبغ على الأعصاب التي تمر

بسويقات العين، وينتشر اللون في الضوء اللامع انتشاراً خفيفاً في الخلايا الصبغية على جميع أجزاء الجسم المعرضة لهذا الضوء، وتوجد زهور البحر العادية على صخور الشاطئ في حالة الجزر وتظهر كأنها كتل هلامية حمراء أو سمراء وتستطيع جزئياً مقاومة التعرض للضوء اللامع وحرارة الشمس وذلك بسبب صبغها الشديد، ونذكر ستار صبغ الملنين الكثيف في جلد وشعر سكان المنطقة الاستوائية الذي يحميهم من تأثير أشعة الشمس التي قد تكون مميتة لهم بدونه، ويوجد أيضاً اللون البرونزي الوقائي في جلود سكان المناطق المعتدلة إذا تعرضوا تدريجياً لضوء الشمس الساطع والتأثير الخطر لتعرضهم له فجائياً ولمدة طويلة، وتحدث الشمس لوناً برونزياً في الجلد بتكوين الملنين فيه.

امتصاص الدفء

تتوقف فوائد الأصباغ المعتمة طبعاً على الزمان والمكان، وقد يفيد الصبغ الأسود الذي يمتص جميع الموجات الضوئية كمنبع للدفء في الظروف الجوية الباردة ويكون الطرف الأحمر في طيف النور أكثر فائدة في هذه الحالة، ومن الأمثلة الواضحة على هذا الموضوع غطاء الصبغ الأسود فوق صعتر (بيض) الضفدعة، فالصبغ الأسود يمتص كل كمية من دفء ضوء الشمس في شهر مارس حينما يسقط على الصعتر وهو طاف على سطح الغدير، ويلاحظ أيضاً أن كثيراً من الكائنات الصغيرة في جبال الألب سوداء اللون على عكس الطيور والثدييات الكبيرة ذوات الدم الدافئ فلونها أبيض غالباً وتتوافق مع الثلج، وعلى ذلك قد تكون الألوان

السطحية في الحيوانات ذات فوائد عديدة؛ فهي إما حساسة للضوء أو واقية منه أو ماصة للحرارة، وقد تأخذ شكل رواسب للمنتجات المتخلفة الموضوعة في الجلد بطريقة مناسبة، ومن مثل هذه الأصباغ، وفي مثل هذه الأحوال المهيئة تنتج المواد للخطط والنماذج اللونية التي تظهر كاستجابة تامة من الحيوانات لبيئاتها.

أصباغ تنفسية

إن أعظم فائدة تصحب إنتاج الصبغ هي الآتية: توجد أصباغ خاصة لها قابلية الاتحاد مع الأكسجين وإطلاقه ثانية للخلايا الحية التي تحتاج إليه، والأكسجين ضروري للحياة ويجب أن يكون الحصول عليه واستعماله مستمراً في كل لحظة، وطالما يستطيع الكائن الحي أن يستعمل أكثر كمية من الأكسجين كلما تزيد شعلة حياته تألقاً ويزداد نشاطه الممكن. وتمتص الكائنات الدقيقة التي تتكون من البروتوبلازم مثل الأميبا أكسجينها مباشرة من الهواء أو الماء خلال سطحها كله، ولكن عندما يصير الجسم كبيراً فإن خلايا كثيرة منه لا تحصل بعد ذلك على الأكسجين بهذه الطريقة، ولا بد من وجود وسائل أخرى لنقل الأكسجين إليها، وتصنع بعض الحيوانات كالإسفنج وبخاخات البحر ونجوم البحر تياراً بطيئاً من ماء البحر أو الماء العذب ليمر في أجسامها ومنه تستطيع امتصاص الأكسجين، ويبلغ التطور نهايته بنشأة جهاز "الدورة الدموية" المغلق الذي هو أحد ضروريات حيوانات البر والذي لا يفتح مباشرة إلى الخارج ولكن يصل إلى نقط معينة مقفلة قريبة من السطح الخارجي بطريقة تسمح

للسائل الذي يحتوي عليه كي يمتص الأكسجين، والخياشيم والرئات أمثلة من الأجهزة التي يصل فيها سائل الدورة الدموية قريباً جداً من الهواء أو الماء المحمل بالأكسجين ولا يفصلهما سوى غشاء رقيق جداً، وإلى هنا كل شيء حسن، ولكن بأية وسيلة يمكن الحصول على أكبر كمية من الأكسجين في سائل الدورة الدموية؟

هناك أصباغ معينة – أي أصباغ تنفسية كما تسمى– تتحد مع الأكسجين بسهولة وتطلقه بسهولة أيضاً وأكثر هذه الأصباغ كفاءة هو الهيموجلوبين بقاعدة من الحديد، ومع أن الهيموجلوبين هو الصبغ التنفسي في الحيوانات ذوات العمود الفقري وحدها فإنه يوجد صبغ مماثل له يحتوي على الحديد وينتج مستقلاً في مجموعات من حيوانات كثيرة الاختلاف، وهناك نوع من قواقع الماء العذب (بلانوربس) بها دم أحمر كما يوجد في "ديدان الدم" وهي يرقات مائية لنوع من الناموس وفي ديدان الأرض والديدان البطيئة وديدان الأرض الصغيرة (تيوبفكس) التي تعيش في الماء العذب.

ويمدنا الهيموجلوبين بحالة مشهورة عن العلاقة الوثيقة بين فسيولوجيا أية مجموعة من الحيوانات وطبيعة أصباغها، وكل مجموعة من الحيوان لها نوع خاص من الهيموجلوبين، ويستطيع الأخصائي أن يميز هيموجلوبين الطيور عن هيموجلوبين الأسماك مثلاً بحسب شكل البللورات التي تظهر أثناء التحليل، وللأنواع المختلفة من الهيموجلوبين قدرات متباينة على حمل الأكسجين، وهيموجلوبين الطيور أكفأ حامل أكسجين معروف، وهذا

سبب واحد يفسر قدرة الطيور على الطيران بهمة ونشاط، ولون الهيموجلوبين أحمر عندما يتحد مع الأكسجين (في الشرايين) وأزرق أو بنفسجي حينما يحمل القليل أو يكون خالياً منه (في الأوردة) ويمكن مشاهدة اختلاف اللون بوضوح في الأوعية الدموية في معصم الإنسان.

ويوجد صبغ تنفسي آخر يسمى هيموسينين بقاعدة من النحاس في دم مجموعة الأصداف الكبيرة (الرخويات) وبراغيث البحر والحشرات ومجموعة العناكب (المفصليات)، ولون الهيموسينين أزرق باهت عندما الأكسجين ولا لون له أو أصفر باهت عندما يكون خالياً منه، ولا يلون الهيموسينين السطح أو اللحوم بنفس الطريقة التي يلون الهيموجلوبين بها الشفاه واللسان والعضلات في الفقاريات، ولا بد من وجود النحاس عند تكوين الهيموجلوبين، والحديد عندما يتكون الهيموسينين، وهناك مجموعة صغيرة من الديدان البحرية تتميز بوجود صبغ تنفسي أخضر في دمها (وفي ملحق /٢ جدول للأصباغ التنفسية). وهكذا تظهر الأصباغ مرة ثانية، لا كألوان فحسب، بل كمنتجات تساعد في مقدرة مثل هذه الكفايات كالبصر والنشاط المتزايد، وهي بعيدة تماماً عن المحاسن والتعقيدات العديدة في اللون والهيئة الظاهرتين، وعثر الإنسان أيضاً على فوائد من الصباغ غير معروفة في الطبيعة مثل صبغة الأرجوان القاتمة التي استعملت في الصباغة بكثرة في وقت ما ويمكن الحصول عليها من قواقع مختلفة من نوع (الدج ولك) كالبربيورا والمركس، وتوجد في هذه القواقع غدة تفرز مادة لونها أخضر مادي ووظيفتها غير معروفة حتى الآن، ويتحول لون هذه

المادة إلى لون أرجواني قاتم إذا تعرضت للضوء، وتصنع الصباغة في أحواض مكشوفة في وجود ماء البحر

ألوان سببها تركيب السطح

تنشأ الألوان التي وصفناها حتى الآن عن أصباغ مادية معينة، ويمكن استخلاص مثل هذه الأصباغ من الأنسجة التي تحتوي عليها، ويستعان في دراستها بالتحليل الكيماوي ووسائل الرقابة الطيفية، ولكن تنشأ ألوان حيوانية مختلفة عن تأثيرات الضوء الذي يسقط على سطوح لا تمتص أي شيء من الضوء على عكس الصباغ، ويطلق على مثل هذه الألوان ألوان بصرية أو تركيبية، وهذه لا يمكن بالطبع استخلاصها، وينشأ اللون الأبيض في براغيث البحر والضفادع والأسماك عن صبغ أبيض ولكن اللون الأبيض في الفراء وفي الريش هو لون تركيبي، وتوجد في مادتها فقاقيع هوائية صغيرة جداً وهذه تعكس جميع أمواج الضوء وتكون المظهر الأبيض، ويتكون لون الزبد الأبيض بمثل هذه الطريقة، والهواء الذي تحتوي عليه عرضي، وما هي إلا الانحناءات والخانات على سطوح الفقاعات التي تنتج التأثير بواسطة الطريقة التي تستقبل بها الضوء.

ولقد تعودنا على ألوان قوس قزح التي تنشأ عن سقوط ضوء على طبقة رقيقة لفقاعة صابون أو على طبقة من زيت فوق سطح أرض رطبة، وهنا ترى ألوان مع عدم وجود أصباغ، ويمكن مشاهدة مثل هذه التأثيرات اللونية على سطح أية مادة شفافة رقيقة، مثل لوحة رقيقة من الميكا،

وعرق اللؤلؤ مثل من أمثلة اللون التركيبي ونرى بريقه اللؤلئي وتأثيرات لونه الظريفة في بطانة أصداف كثيرة ونشاهده في بعض الأحيان على سطوح أصداف بحرية فارغة عندما يبلى غطاؤها الخارجي من اصطدامها المستمر بالشاطئ، كذلك توضع أحياناً أصداف كبيرة في حمض لإزالة الطبقة اللؤلؤية لاستعمالها في أغراض الزينة، وينشأ البريق اللؤلئي من ترسيب المعدن الكلسي (كربونات الكالسيوم) طبقة فوق طبقة، وتنتج الألوان الظريفة من سقوط الضوء على البلورات المعدنية الدقيقة الموجودة على السطح وخلالها.

وترجع بعض الألوان البراقة في الطبيعة: ريش الطاووس والطيور الطنينة وحراشيف الفراشات والخنافس إلى سقوط الضوء على سطوح معينة، فالريش له غطاء رقيق من مادة قرنية، وحراشيف الحشرات لها طبقة رقيقة من مادة تعرف بالكيتين، ومثل هذه الحراشيف تغطي أجنحة بعض الفراشات والبشارات، وقد يكون هذا الغطاء رقيقاً ومسطحاً أو منحوتاً ومخططاً بطرق متعددة، وقد يكون عديم اللون أو به لون خفيف، وعلى ذلك تعرض الطبقة السطحية من المادة القرنية أو الكيتين إمكانيات عظيمة للتأثيرات البصرية، وتنطبق القاعدة نفسها على بعض الحالات مثل ما يستعمل في صنع "تموجات خاطفة" للحرير والتلألؤ الذي يكون غالباً بريقاً معدنياً على أجنحة فراشة مورفو الزرقاء في أمريكا الجنوبية والمستعمل على نطاق واسع في الزينة مثل من أمثلة تركيب السطح الذي يحسن لون الصبغ من زاوية ويبدي عند مشاهدته لونه الأخضر البصري من زاوية أخرى

وقد يكون اللون الأخضر بأسره لوناً بصرياً وقد ينتج في الطيور من تأثير السطح وحده، وغالباً من تأثير السطح مختلطاً مع اللون الأصفر والرمادي أو الصبغ الأسمر في الريش، فببغاء الأمازون أزرق الجبهة له ريش أخضر يتغير إلى لون أسمر كئيب إذا كان الطائر مبللاً بالماء تماماً، فالسطح المبلل يفقد تأثيراته البصرية، ويلعب الزيت الطبيعي الذي يصفف الطير به ريشه – بلا شك – دوراً مهماً في بعض الأحيان، وينشأ اللون الأخضر اللامع في بعض الفراشات (أورنثبرا بسيدن) من صبغ أصفر مموه بلون تركيبي أزرق.

وتدين زواحف كثيرة ببريقها أو تنوعات ألوانها إلى اختلاط الصبغ مع التأثير البصري، فالسحالي مثل الأجوانيد والحرباء لها جلد به طبقات من الأصباغ المختلفة مغطاة في الغالب بمادة قرنية شفافة على هيئة حراشيف، والأجوانيد بها خلايا صبغية متفرعة محتوية على الملنين في قاعدة جلدها وعليها طبقة من خلايا صبغية تحتوي على قطرات زيتية صفراء، وفوق هذه طبقة من خلايا صبغ محتوياتها عديمة اللون غالباً ولكن تعطي تأثيراً بصرياً أزرق اللون تبعاً للطريقة التي يتبعثر بها الضوء على هذه المحتويات، ويستطيع الملنين أن يجري مرتفعاً في فروع تتخلل الطبقات الصفراء والزرقاء أو ينتشر على قمتها أو يتمكن من التراجع حتى يبدو للعيان أنه في قاع الجلد، وهكذا يستطيع الجلد أن يعرض اللون الأصفر والأخضر الزمردي والأخضر الأزرق والمغني من العرض المشترك للصبغين والطبقة الملونة من الخلايا الخالية من الصبغ.

الفصل الرابع

الاستخفاء في البحر

نستمد معلوماتنا عن المياه العميقة من وصف الغواص أو العالم الذي يضع على رأسه خوذة الغوص وينزل إلى قاع البحر في ماء ضحل صاف، أو من فنان يجد وسيلة للرسم تحت الماء ويسجل بذلك تأثيراته المباشرة، ويعبر كل هؤلاء المستكشفين ببعض الوسائل عن السحر ومميزات التركيب ونوع الضوء للحياة تحت الماء، وكتب روبرت جينجس عن تأثيراته الأولى عن الشعاب المرجانية ببرمودا "كانت كأنها في معبد ينار بزجاج أخضر باهت".

ويمكن مشاهدة ومعرفة الكثير عن حياة الحيوان عند الشاطئ أو في المياه البعيدة عن الشاطئ، ويمكننا مراقبة الحيوانات في غدير صخري أو نلاحظها في أعماق كبيرة من جانب قارب، وقد قام أرسطو بعمل كثير من الدراسات العميقة عندما استقر في قارب ونظر إلى البحر الصافي المتألق بالأنوار حول جزائر إجيان، وكان من المحتمل وجود مستكشفين أوائل لفحص أعماق البحار، وتوجد صورة قديمة تحمل شرحاً لقصة الملك الفريد الذي كانت لديه غواصة على شكل برميل أنزل فيها في نهر التيمس.

وقد يعطي مربي أسماك حسن الإعداد صورة تقليدية لا بأس بها عن الحيوانات والنباتات البحرية في حالتها الطبيعية، ولكن مع ذلك فما زلنا

بعيدين عن الصورة كلها وحتى إذا كنا في الصورة فلا نرى بعيوننا إلا القليل تحت الماء ما لم يكن هناك مران طويل كالذي يكتسبه غواصو اللآلئ والإسفنج.

والضوء من بين العوامل الطبيعية في ماء البحر التي لها أهمية خاصة بموضوعنا، فكيف تتأثر الحياة في البحر بكمية الضوء ونوعه، ومن ثم الألوان والأشكال واستخفاء الحيوانات البحرية؟ فهناك بين علامات المد والجزر وفي قاع البحر وفي المياه الضحلة عالم مضاء جيدًا وغالباً ملون حيث يتبع الشكل واللون والمماثلة للبيئة الخطوط العامة المألوفة لنا على الأرض، ومن المتوقع وجود تأثيرات جديدة في وسط المياه العلوية وكذلك أيضاً في المياه الأكثر عمقاً التي لا ينفذ إليها الضوء أو ينفذ فيها قليلاً.

الضوء في البحر

يتوقف الضوء في البحر على العمق ووقت النهار وفصل السنة والأحوال الجوية، وينفذ الضوء إلى عمق أكبر في الماء الصافي عنه في الماء الذي يعكره الرمل أو الطمي. ويستطيع ضوء الشمس أن ينفذ كله في سطح البحر الحقيقي في أحوال نادرة فقط، وقد لا يحدث هذا إلا عندما تكون الشمس مباشرة والسكون شامل، ويعمل الجزء الأكبر من سطح البحر كحائل لأمواج الضوء التي يعكسها على مدى أوسع أو أصغر حسب الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس على السطح، ويمكن أن

يكون الانعكاس على الأمواج غالباً مذهلاً تماماً لعيون الناظر إليها من عل.

ويمر الضوء الذي ينفذ في البحر إلى أسفل ويمتص ببطء وحالات الضوء في بحر المانش بعيداً عن بليموث مثلاً وعلى عمق عشر قامات (٦٠ قدماً) ماثلة لما هي عليه في الجزء الأكثر ظلاً في غابة من شجر الزان وقت الصيف، ويصير الضوء أكثر وأكثر عتمة عند الأعماق الأكبر حتى يبهت تماماً ويسود الظلام التام، ولا تتغير شدة الضوء فقط أثناء مروره من السطح إلى أسفل بل وكميته أيضاً، ويمتص الطرف الأحمر من طيف النور بسرعة بالقرب من السطح ثم تمتص أطوال الأمواج الأخرى بترتيب البرتقالي فالأصفر فالأخضر وينفذ الضوء الأزرق والبنفسجي إلى عمق أكبر، واكتشف الضوء البنفسجي في البحر الصافي في منطقة سرجاسو في المحيط الأطلسي – على عمق ٥٥٠ قامة (وينتج لون البحر الأزرق من الانعكاس العلوي لأمواج الضوء التي تسقط على الذرات الصغيرة في الماء، وتمتص أطوال الأمواج ما عدا الخضراء والزرقاء والبنفسجية خلال الماء في حالتي النزول والصعود، وتستطيع هذه فقط أن تظهر ثانية لتعطي البحر لونه، ويغير الضوء المنعكس من سطح البحر غالباً لون البحر كما هو الحال في يوم مشمس به سحب أو حين تنعكس أضواء شروق الشمس وغروبها على الأمواج).

وبما أن الضوء بشيء من القوة ينفذ لأعماق بسيطة نسبياً فقط فمنطقة نمو النباتات على قاع البحر تكون محدودة بدقة، وتنمو الطحالب

البحرية على شاطئ البحر وعلى عمق ١٥ أو ٢٠ قامة حينما توجد الصخور أو الأحجار التي تستطيع أن تثبت نفسها عليها، ولذلك يكون النمو أغنى على عمق في مستوى عشرة قامات، ويكون الضوء قوياً على الشاطئ بين علامات المد والجزر وهنا يكون اللون الأسمر هو اللون الأكثر شيوعاً في الطحالب البحرية على الشاطئ، وتوجد كمية كبيرة من اليخضور مختبئة في الحشائش السمراء، ويعكس اليخضور الضوء في منطقة طيف النور تحت الحرارة الحارة، ومن الواضح أن اللون الأسمر ذاته يعطي بعض الوقاية من الضوء الزائد، وتظهر الحشائش الحمراء بالقرب من علامة المد والجزر السفلية، ويكون اللون الأحمر غالباً هو اللون المعتاد في هذا العمق من الماء ويظهر أن هذا راجع جزئيًا إلى حقيقة أن الحشائش الحمراء تمتص طبيعياً أمواج الضوء الخضراء زرقاء، وهذه هي التي في متناولها، وجزئياً لأن الحشائش الحمراء تنمو أفضل في الأحوال الظليلة ولا يمكنها تحمل الضوء اللامع على الشاطئ.

وتتخذ أنواع كثيرة من الحيوانات مساكنها في أماكن طبيعية في الصخور والحشائش، ويستخدمها الكثير لتثبتعليها وتحتمي فيها ويتغذى البعض بها مباشرة، فيوجد في هذه البيئة سرطان البحر ونجم البحر وقنفذ البحر والقواقع وزهور البحر والديدان البحرية وعدد كبير من الحيوانات غير الشائعة.

وقد تقارن بطريقة عامة بالحيوانات البرية التي ترافق النباتات البرية، وتحدث تغييرات في حياة الحيوان تبعاً للتغييرات في طبيعة قاع البحر سواء

كان رملاً أو حصى أو صخراً أو شعاباً مرجانية وتبعاً لعمقه وعوامل أخرى، وعلى ذلك يوجد توزيع جغرافي للنباتات والحيوانات على قاع البحر وبين علامات المد والجزر، وكما توجد على الأرض حشرات وطيور تستريح وتأكل وتختبئ بين النباتات وأيضاً تطير في الهواء كوسيلة للرحيل وكموطن للصيد أحياناً توجد في البحر أسماك وحبارات وجمبريات وحيوانات أخرى تقضي جزءاً من وقتها في قاع البحر وجزءاً آخر في المياه العلوية، ولكن بينما لا تتظاهر الحشرات والطيور والوطاويط بالاختباء عند طيرانها فهي على العكس في كثير من الأنواع البحرية عندما تتحرك في الوسط المائي.

إن دولة البحر لها عنصر مهم في سكانها التي لا يوجد على الأرض ما يقارن بها كالكائنات التي تعوم وتطفو جيداً والتي تقضي كل حياتها في المياه العلوية وتغوص إلى قاع البحر فقط عندما تموت، وترافقها كائنات أخرى تقضي الأسابيع أو الشهور الأولى من حياتها على مثل هذه الوتيرة، ولكن إذا بلغت سناً مناسباً توجه نفسها لتعيش على الشاطئ أو على قاع البحر، وتوجد أيضاً في هذه المنطقة السطحية أعواد كبيرة من الحشائش البحرية الميكروسكوبية التي لا حصر لها وهي الدسميد والدياتون وتسمى توافقياً "المراعي البحرية".

والحيوانات الصغيرة التي تعيش في أعماق البحر شفافة غالباً وغير ملونة إلا من خلايا صبغ مبعثرة أو نقط عينية قاتمة أو بقعة ملونة تظهر من عضو كالكبد أو الغدد التناسلية، ولو أن هذه الحيوانات موجودة بعدد

كبير إلا أنها غير ظاهرة حتى أن وجودها في الماء يظل عادة غير متوقع[*] والحيوانات الكبيرة التي تعيش في أعماق البحر معتمة، ولكن لها تلوين خاص يمزجها ببيئتها المائية، ولها لون خاص تبعاً للعمق وحالات الضوء التي توجد فيها، ويحتوي الصيد الذي يستخرج بالقرب من سطح الماء في منطقة بحر السرجاس مثلاً على السمك الطيار الأزرق وأسماك أخرى ذات منظر فضي ومخلوقات صغيرة طافية لها لون أزرق أو أخضر خفيف، والأطوار المبكرة الشفافة لأسماك مختلفة، وتوجد على عمق ٣٠٠ مترا أسماك ظهرها أسمر وجوانبها فضية، بينما الأسماك والجمبريات التي تصاد من عمق ٥٠٠ مترا لها لون أسود أو أحمر، وتوزيع اللون لسكان هذه الأعماق المختلفة (توزيع عمودي) يجعل من الصعب وضع صفات عامة لها جميعاً وكذلك تنويعها سواء كانت غير ضارة أو بدون أعضاء للدفاع أو مفترسة بطبعها، والألوان التي سبق ذكرها هي التي ترى في ضوء النهار طبعاً بعد استحضار الأسماك إلى السطح.

التظليل المعاكس في البيئة المائية

توجد في المنطقة الوسطى من الماء أسماك عديدة مشهورة تتحرك طليقة إلى سطحه، فتوجد أنواع تعيش في أعماق البحر مثل سمك النمش وسمك التونى التي هي في حركة مستمرة، وتترك أسماك غيرها كسمك الهيك

---

[*] تحت ظروف استثنائية قد تكون الكائنات التي تعيش على سطح الماء بأعداد كبيرة سبباً في تلوين الماء تلويناً طفيفاً لمساحة أميال، وقد يغير الحيوان الأولي "تكتكولا" الماء إلى لون حساء الطماطم الباهت، والكربيبود "كلنن" حيوان مجدافي مهم جداً كغذاء لأسماك الرنكة ويجعل الماء أحمر ويوصف بواسطة الصيادين "بالغذاء الأحمر" وتكون أنواع من الدياتوم مسئولة عن المياه الحمراء أو الصفراء أو الخضراء.

مثلاً قاع البحر أثناء الليل وتسبح طليقة في المياه العلوية، وكل هذه وأنواع أخرى مألوفة مثل سمك الرنكة والبقلة والقرش وحيوان الدولفين تعرض قاعدة التظليل المعاكس بكل مظاهرها – ظهر داكن متدرج إلى الباهت على البطن، ويتخذ التظليل المعاكس في أغلب الأسماك طريقة مدرجة من الداكن إلى الباهت في الألوان الرمادية أو الرمادية مع الأخضر والأزرق، ولكن في سمك النمش وسمك الدليل فلها أنموذج معين يجمل سطح التظليل المعاكس كله.

وتقدم طريقة اللون هذه قدراً كبيراً من الاختباء سواء شوهد المكتسي بها من أعلى أو من أسفل أو من تلجانب، كما يفسر ذلك البحث بجلاء، فإذا شوهدت السمكة من أسفل يبدي بطنها الأبيض لمعة فضية ويعرض سطحها المتألق بألوان قوس قزح مشابهة للسطح اللامع الذي يحيط بها من سماء وسريط سطح الماء، وإذا شوهدت من أعلى يصعب تمييز الظهر لكونه مطموساً بلون المحيط الذي يظهر من أعلى رصاصياً أو أزرق داكناً، وهذا هو الحال في سمك الرنكة حيث يكون لون الظهر أسود أغبر بلمعة معدنية، وتصل إلى نفس النتيجة في السمك الطيار الذي يكون لون ظهره أزرق زاهياً في مواجهة زرقة سطح الماء في المناطق الاستوائية ومن الجانب يعرض التأثير غير الجوهري الذي يصاحب التظليل المعاكس دائماً (مسطحاً بدلاً من ظهور ثلاثة مسطحات).

وتوجد في مناطق البحر العميقة – كما هي الحال في الطرق المائية المحصورة بالهضاب في النرويج – (فيورد) مراوح بحرية قرمزية لامعة

وأحواض بحرية لونها أحمر وأصفر وأسمر زخيتر بحري ذو لون أحمر وأسمر، وتكون ألوان الكائنات في المنطقة اللجية حيث يسود الظلام المطلق سوداء أو حمراء أو رمادية أو غبراء داكنة، وكلها على نسق واحد في اللون وليس لها أنموذج أو علامات من أي نوع، وفي مثل هذه المناطق قد لا يكون للون أهمية بصرية ولا نتوقع وجود أي مثل للاستخفاء(*)، وتتغذى الحيوانات في أعماق البحار بذرات تتساقط عليها كالمطر من أعلى أو تتغذى الواحدة بالأخرى، وقد يساعدها على ذلك أحياناً ضوء الوميض الفوسفوري الذي تشعه أجسامها وسيشار إلى ذلك فيما بعد.

الحيوانات المستخفاة على الشاطئ وفي قاع البحر

تعرض الحيوانات التي تعيش بالقرب من الشاطئ أو على قاع البحر الضحل حيث يكون الضوء ساطعاً مماشلة عامة شديدة لبيئاتها الطبيعية في الشكل واللون وتعرض حيوانات أخرى مشابهة تفصيلية لأشياء خاصة.

ويعرف جامعو الحيوانات البحرية الشاطئية بأن الحاجة ماسة لعين متمرنة لمشاهدة الكثير منها بجانب الكائنات الواضحة كذوات الصدفة المخروطية وزهور البحر ذات العقيدات ونجم البحر وسرطان البحر والونكلز، وقد تكون كومة صغيرة منبسطة من الحصى وشظايا الأصداف مثلاً زهور البحر نجمية الشكل حقيقة بأذرعها الحساسة منثنية إلى الداخل ومستخفية بشظايا هذه المواد الملتصقة على جسمها كله، وتربض العناكب

(*) رؤي أن التلوين الأحمر نتيجة لطعام خاص تأكله المخلوقات التي تعيش في أعماق البحر تحت ظروف الإضاءة المعتمة جداً، وقد تكون الأصباغ الناتجة في مناطق البحر حسنة الإضاءة صفراء أو بيضاء.

البحرية تحت الحجارة أو بين الطحالب بأرجلها الطويلة ملفوفة ببعضها وكأنها عقدة من الحشائش البحرية الدقيقة، وتمر الديدان المفلطحة الجميلة الشفافة الرفيعة كالورقة وهي في مخبئها بين الصخور السائبة على أنها بقعة ذات فصيصات من بعض الحشائش المرجانية بقشرة سميكة أو على أنها جدلات بحرية، ويظهر سرطان البحر الخزفي كشذوذات تحت الصخور المفككة، وتوجد أنواع كثيرة من بزاقات البحر تشبه السطح الذي تستريح عليه، ويظهر لمون البحر (دورس) بلونه الأصفر الباهت وبما عليه من نقط كستنائية كأنه مجرد بقعة سميكة من الإسفنج الأصفر الباهت نامية في مواجهة مستعمرات من بخاخات البحر الرقطة وبقع من حشائش البحر القرنفلية والحمراء، وهناك نوع آخر من بزاقة الماء بلون أخضر ولا يوجد إلا على الحشائش البحرية الخضراء.

ويتعلق الجمبري الحربائي (هبوليت) في سكون أثناء ساعات النهار بالطحالب التي يشابهها في اللون سواء كانت خضراء أو حمراء أو سمراء، وتتعلق الجمبريات بين الحشائش في المستنقعات الصخرية العميقة دون أن ترى ما لم تنزعج وتنضغط براغيث البحر منبسطة على القاع أو مدفونة حتى عينيها في مستنقع رملي ولا يمكن اكتشافها إلا بالملاحظة الدقيقة أو قد تصنع خطوطاً متموجة في عرض المستنقع لتختفي ثانية فقط عند استقرارها.

ويعرض كثير من أسماك الشاطئ مزيجاً عجيباً من النسق والأنموذج مطابقاً للمكان الذي يجدها الإنسان فيه، ومن أمثلة ذلك أسماك صغيرة

جداً من البلني والبوجي، وتستطيع هذه وأنواع كثيرة من الأسماك وبراغيث البحر والجمبريات وما شاكلها أن تضبط شكلها ولونها بسرعة، وفي بعض الأحيان تضبط نماذجها أيضاً مع شكل ولون وأنموذج بيئاتها، وترى كل هذه الكائنات سطوحها بطريقة ما – أي المنظر العام في مستوى عينيها أو فوقها بقليل – وهي تستجيب بدون وعي أو آلياً بضبط أشكالها وألوانها لها، وهذه الميزة التي تعرف بتغيير اللون لها وصف تام في الفصول التالية.

والأسماك المسطحة التي توجد بعيداً عن الشاطئ تشتهر خاصة بالتغييرات الفائقة في اللون والأنموذج، وأحسن أمثلة في ذلك أسماك البريل والترس، فتتحرك هذه الأسماك أثناء نمو أطوارها باحثة عن غذائها حول قاع البحر، وتعيش الأسماك المسطحة الصغيرة على أراض رملية قريبة من الشاطئ تنسجم معها بنقطها البيضاء الواضحة وجلدها النموذجي، وعندما تهاجر إلى أراضي غذائها بعد بلوغها تأخذ لون القاع الموحل ذي اللون الأسمر الرمادي أو ألوان أخرى طبقاً للمكان الذي توجد فيه.

ويزودنا أرنب البحر (أبليزيا) بقصة مشهورة في تغيير اللون، فهو من نفس طبيعة قوقع الحديقة الكبير ولكن ببقايا من صدفة مدفونة في صنمة على ظهره فقط، ويماثل أرنب البحر قطعة من طحلب فيها حياة عما هو حيوان رخوي عالي النشأة، وحينما تتوقع وجود رأس و"قرون" نجد خطماً عليه فروع مجعدة تشبه حشائش البحر وفصوصاً منحنية حول صنمته، وهو يتعلق بالحشائش على هيئة حشائش البحر لمدة ساعات متتالية ويكون اللون وقتئذ متناسقاً تماماً، ولون أرانب البحر البالغة أسمر داكن

بلون أخضر أو بنفسجي أو زيتوني خفيف ومزركش بألوان باهتة هنا وهناك ويكون لامعاً جداً، ولذا يكون من الصعب اكتشافها بين المنحنيات والخيالات البنفسجية في الحشائش المجدافية الداكنة أو على الحشائش المسننة.

وتعيش أرانب البحر تحت علامة الماء المنخفضة وترتفع إلى الشاطئ في الربيع والصيف المبكر وتضع بيضها على الصخور أو الحشائش، وعندما تفقس اليرقات من البيض تحمل إلى البحر وتظهر ككائنات شفافة بين حيوانات سطح الماء المندفعة مع التيار (طافية)، وعندما تبلغ سناً خاصة تغطس في ماء البحر وتبدأ في تناول الغذاء وتحتمي بين الحشائش، وتبين عينات أرانب البحر التي تصاد من أعماقه المختلفة أن الصغير جداً منها يتغذى بحشائش حمراء وردية تشبهها في اللون تماماً، وبعد أن تبلغ سن شهر تقريباً ترى بعيدة عن الشاطئ وتشبه الحشائش السمراء حمراء وتتغذى بها، وبعد ذلك تمر إلى حشائش سمراء حمراء داكنة، وأخيراً إلى حشائش زيتونية اللون أو سمراء وطحالب مجدافية تحت علامة جزر البحر، واحتفظ الأستاذ جارستانج بأرانب البحر الصغيرة في جميع هذه الأطوار ووجد أنها عرضت اللوان المختلفة الطبيعية بأطوار نشوئها ولو أنها كانت موجودة بين طحالب من لون واحد، وعلى ذلك يبحث الحيوان في الطبيعة عن الحشائش التي تنسجم مع ألوانه ويتغذى بها.

وتوجد بين السرطانات العنكبوتية حالات كثيرة كأنها تنكر وقائي متعمد، وهذه السرطانات مخلوقات بطيئة الحركة ولها أرجل نحيلة سهلة

الكسر، وتنكرها بلا شك يساعد على الأقل الأنواع الصغيرة لتعيش، وتوجد فوق ظهرها وعلى أرجلها أشواك وخطاطيف صغيرة تتعلق بها على المواد التي تناسب تنكرها، ويا له من منظر غريب مبدع إذ ترى أحد هذه السرطانات، وملتصقاً هنا وهناك على صدفته قطع صغيرة من الحشائش الحمراء والخضراء اللامعة، ولا يمكن اكتشافه عندما يستريح على حجر وسط مجموعة من الحشائش التي يأخذ تنكره منها إلا عن قرب وبعد تدقيق النظر فيها.

ودلت التجارب على أن السرطانات العنكبوتية تختار لنفسها استخفاء معيناً يناسب حالتها المباشرة، فقد جمع أحد أنواعها من منطقة حشائش البحر الحمراء التي تغطيه ووضع في إناء به حشائش بحرية خضراء وضغطها بشدة مكانها بعد أن قطعها بواسطة مخلبه، وأخذت عينات أخرى من هذه السرطانات العنكبوتية كانت مغطاة بالحشائش وقت اكتشافها ووضعت بين مواد مختلفة تماماً مثل أصداف صغيرة وحصى أو حجارة تنمو عليها خصلات من شرايين البحر، فاختفت كلها تماماً في مكانها الجديد بعد أن اكتست بما يلائمها، وقامت سرطانات أخرى بزراعة حدائق من الإسفنج والحشائش فوق ظهورها.

وبمقارنة الطموس الذاتي غير الضار في السرطانات العنكبوتية يوجد استخفاء ضار في الأسماك الصنارية ينجم عنه اقتناص الصيد الصغير، فترقد هذه السمكة في تجويف من الطمي تصنعه لنفسها في قاع البحر وتحتفظ بسكوتها التام وينسجم شكلها وأنموذجها تماماً بما يحيط بها،

وللسمكة رأس ضخم يستدق طرفه إلى جسم لا أهمية له لكون هيئته العامة غامضة بواسطة توصيلات من الجلد على طول الجوانب، والشعاع الأمامي في الزعنفة الظهرية طويل جداً وبطرفه شرابة من الجلد، وهذا هو "عمود الصيد" الذي تضعه السمكة الصنارية منبسطاً على ظهرها، وعند اقتراب سمكة صغيرة ترفعه فوق رأسها وتهزه إلى الأمام وإلى الخلف، بينما تتلوى الشرابة كأنها مجموعة من الديدان الصغيرة فتقترب السمكة الصغيرة لتمتحن هذا الطعم، وفي ثانية واحدة تفتح السمكة الصنارية فمها الواسع وتبتلعها (صورة ٨).

وينتج تأثير بصري مدبر بواسطة الأسكويد (من الحبارات)، وهي حيوانات لها القدرة على تغيير لونها بسرعة فائقة، وتعرض عندما تسبح خطوطاً أفقية داكنة وخفيفة توهم بأنها خطوط تموجية في الماء ولكن تزول هذه الخطوط عندما تستقر ويظهر بدلاً عنها شرائط عمودية توعز بحشائش يتموج سطحها من تعاقب الضوء والظل عليها، ومن بين أسماك الشعاب المرجانية يعرض سمك قبع الخنزير ذو الخطوط الزرقاء عندما يسبح تغييرات من اللون الذهبي إلى اللون الأسمر القاتم، ولكن عندما يستريح تظهر على جوانبه شرائط عمودية داكنة.

فالأمثلة السابقة هي حالات خاصة للتشابه بين الحيوانات وبيئاتها في قاع البحر، والكائنات التي تعيش على القاع هي في العادة معتمة ولها نماذج وعلامات من نوع ما وغالباً تكون هيئتها العامة بارزة، ويتم كل هذا مع الاحتفاظ بالتأثير العام للصخور والحصى والرمل الأرقط والحشائش

الملونة ذات الأشكال غير المنتظمة والحركة المستمرة المتغيرة والظل بين الحشائش، ولا توجد الألوان المتناسقة سواء كانت باهتة أو براقة إلا بين الإسفنج ونجوم البحر وزهور البحر ومثيلاتها مما لا يؤكل، أو في الرخويات ذات الأصداف السمكية الوقائية.

وتبدي الكائنات على قاع البحر ألواناً ذاتية وألواناً مائية، ويرجع السر في عدم رؤيتها في مياه السطح جيدة الإضاءة إلى الشفافية (كما في الديدان السهمية والأطوار الصغيرة للسرطانات ونجوم البحر وغيرها) أو لمجرد لمحة من لون.

الضوء منظم للعمق الحيوي

ذكر فيما سبق كثير جداً من الحالات أثناء ضوء النهار عندما تستطيع الحيوانات أن تَرى وتُرى، وبخصوص "الرؤية" عند الحيوانات البحرية تطبق جميع الحالات المعروفة في حياة الحيوانات في البر على الكائنات في البحر—الحساسية العامة للضوء وشدة الإدراك الموضعي والحاد بواسطة النقط العينية والعيون الحقيقية في أصناف كثيرة، وسنبحث بدقة تامة في فصل آخر ما يمكن أن تراه عيون الأسماك، ويجب أن نفرق بين "الرؤية" و"الإدراك" ويدخل ضمن ذلك تفسير ما يرى، واستيفاء للغرض الآن قد نقول أن الضوء هو أحد العوامل المهمة جداً التي تسيطر على سلوك الحيوانات البحرية الصغيرة طليقة الحركة، فالحيوانات القوية الكبيرة كالحيتان وأسماك خاصة قد تتجول بحريتها من العمق إلى سطح الماء

في أي وقت، ولكن تكون الأغلبية مقيدة، وتوجد لكل نوع حالة من قوة الضوء أو ضعفه تكون أكثر ملائمة لمصلحته ويستطيع الحياة في هذا النوع من الضوء بتركيبه الميكانيكي الداخلي، ويسبب الضوء حدوث تفاعلات ضوئية كيماوية في داخل الكائن الحي، فإذا اتجه الحيوان إلى أعلى ناحية منطقة ذات ضوء قوي جداً يزداد التفاعل ويعود الحيوان إلى أسفل أو إذا تحرك ناحية منطقة ذات ضوء معتم جداً فالتفاعلات الضوئية الكيماوية تبدو كما لو كانت تقوده إلى أعلى، وبالطريقة نفسها تضطر البشارة أن تطير ناحية منبع ضوء محصور "لضررها في هذه الحالة"، ولكن الأحوال ليست طبيعية.

وحينئذ توجد الكائنات وشعوب النباتات الدقيقة أيضاً على أعماق مختلفة تحت سطح الماء أثناء ساعات ضوء النهار، وكل عند العمق الذي يسمح له بأحسن الأحوال الضوئية، ويستطيع القليل أن يتحمل الضوء الشديد على السطح نفسه، وعندما يهبط الغسق يهاجر الكثير إلى أعلى متتبعاً نوع الضوء الذي يناسبه، ولذا يمكن القيام ببعض عمليات صيد السمك وقت الليل فقط وتتجه حينئذ أسماك الرنكة وأسماك غذائية أخرى إلى سطح البحر مقتفية أثر ترحيلات الكائنات الأصغر منها التي تتغذى بها، وتنشط في المياه العلوية أثناء الليل أسماك الهيك وأسماك مفلطحة وسمك السفن التي توجد في وقت النهار عند قاع البحر أو بالقرب منه، ويظن أن الاختلاط يكون عاماً في المناطق الحيوانية أثناء ساعات الظلام لأنه عندما يختفي مصدر الضوء تكون حرية الانتقال في أي مستوى مكفولة لجميع

الكائنات، ويتجه كل صنف إلى العمق الذي يناسبه مرة أخرى عندما يظهر الضوء ثانية فقط(*).

ويمكن أن يكون الاستخفاء الذي يتوقف على اللون له تأثيره فقط أثناء ساعات ضوء النهار، ففي هذا الوقت مثلاً يكون الجمبري الحربائي معتماً ومتناسقاً في اللون تماماً مع الحشائش التي يتعلق بها، وعندما يرخي الليل سدوله تمسي شفافة وتتلون بلون أزرق ياقوتي خفيف، وهذا عادة يبعث على الظن بأنه قالب من التنكر الوقائي، ولكن من المحتمل أن يبدو الجمبري الحربائي بثوب ليلي غير منظور ينشط فيه للحصول على غذائه، ومن سوء الحظ لا تستطيع عيوننا أن ترى التأثير الطبيعي في ليل البحر. ولا بد أن يقوم أي حيوان يصيد بالنظر العادي بعمله أثناء ضوء النهار، ولهذا يتغذى سمك الرس في النهار بسرطان البحر وبراغيث البحر والصداف ويرقد بالليل في شقوق الصخر و"ينام"، ويصيد سمك الشمس ذو اللون الأخضر الأزرق الذي يعيش في المياه الاستوائية بالنظر حقيقة، ودلت التجارب على أن السمك الصغير الذي يفترسه قادر على تكييف سطحه، وإذا وفق إلى اللون الذي يناسبه يكون محتمياً لحد معين من سمك الشمس.

(*) ما أعظم الاختلاف في شدة الضوء وكم له من أهمية للكائنات الشفافة مثل قنديل البحر، ويمكن جمع أهميتها من أرقام أعطيت بواسطة ف. س. رسل. فالمدوزة (من قناديل البحر) تكون أكثر غزارة في وقت النهار على عمق ٢٥ متراً تقريباً، وهنا كانت شدة الضوء في ٣ سبتمبر سنة ١٩٢٥ هي ٤٧٠ متر شمعة على عمق ٢٧.٢ متراً ولم تسجل شدة الضوء الحقيقية في فصل الصيف ولكن قد يمكن تقديرها بما لا يزيد عن ٢٠٠٠ متر شمعة، ويمكن هذا في الطبيعة أقصى شدة تحتملها قناديل البحر هذه، وقارن هذا بالضوء على السطح الذي قد يكون على الأقل ٨٠٠٠٠ متر شمعة.

ولا يمكن أن يتم أي موضوع عن الاستخفاء في البحر دون ذكر الحياة في المياه الاستوائية والمعتدلة، فتوجد في بحر السرجاس كميات كبيرة من الحشائش طافية على سطحه، وتعيش فيها حيوانات خاصة بها، وتأخذ الحشائش السرجاسية شكل الجذوع والأوراق المحزوزة بثمار لها سويقات ومتناثرة هنا وهناك، وتكون أصداف حيوانات قشرية مختلفة نقاطاً باهتة على الحشائش ويغطي الكائنات المختفية في الحشائش رداء أصفر اللون وعليه علامات سمراء غير منتظمة ونقط بيضاء، وتظل بعيدة عن الملاحظة ما لم تسقط من الحشائش باهتزازها، وعلاوة على تناسقها اللوني فكثير منها له التصاقات صغيرة أو حاشية جلدية أو عقد تختلط أشكالها مع أشكال الحشائش، والأسماك الأنبوبية العديدة لها أجسام طويلة ضيقة تشبه قطعاً غليظة من جذوع الطحالب البحرية.

ويصف "روبرت جبنجس" كيف هز من دلو مملوء بالطحالب ما لا يقل عن دستتين من الأسماك وعشرة أمثال هذا العدد من سرطان البحر وبراغيث البحر والديدان، وسمكة السرجاسية نفسها معروضة في "نقوشه الخشبية"، وأمكن اكتشاف وجود سمكة السرجاسية بهز الطحالب فقط لأن شكل السمكة وعلاماتها اختلطت بما يحيط بها بدقة حتى أن الفاحص عن قرب عجز عن أن يجدها، والأسماك الضفدعية تشبه الأسماك الصنارية، فهي توجد في الحشائش البحرية أيضاً ولكنها على العكس تتبع فريستها في ثبات وتقترب منها في تصميم وتتحرك على طول الحشائش على عواماتها وعندما تقترب من الفريسة تماماً ترفع عمود الصيد وتهزه.

ووصف كثير من السائحين والعلماء والفنانين حياة الشعاب المرجانية، فالشعب المرجاني الحي عبارة عن حديقة بحرية تزخر بألوان ممتعة زاهية للمرجان، المرجان اللين (السيوناريا) والطحالب التي تعيش بينها أنواع من السماك والأصداف وقنفذ الماء وغيرها، والسماك المرجانية من أكثر الألوان اختلافاً وبهاءً، ولا بد أن تكون كذلك بحق لو اختلطت بمسرح قوس قزح الذي يتوقف عليه حياتها، وهناك نقطة أخرى جديرة بالاستيعاب وهي أن الحشائش البراقة ذات الألوان الكثيرة تلقي وراءها بأضواء وظلال أكثر بهاءً وهي مساوية لوميض جوانب السمكة وبريقها تماماً، ونقلاً عن روبرت جبنجس "وباثنى عشر أو عشرين قدماً من الماء فوقها تأخذ الألوان عذوبة الزخرفة القديمة عن فجاجة الزخرفة الحديثة ولا تكون الأسماك بعدئذ واضحة عن البط الحضاري وسط غابة أو فراشة مستريحة في حديقة".

ومن بين الأمثلة الغزيرة يمكن اختيار القليل فتوجد في البحر حول شعاب برمودا المرجانية سمكة الجراح العظيمة، وسميت كذلك لوجود مخراز حاد في زعنفتها الذيلية، ولاحظ لونجلي أثناء بحوثه تحت سطح الماء أن جميع أجزاء هذه السمكة تكون غالباً سوداء اللون عندما تكون قريبة من قاع البحر، ولكن عندما تسبح إلى أعلى في الماء المكشوف بعيدا عن سطح الشعاب تظهر بلون رمادي أزرق خفيف يجعل من الصعب رؤيتها، ويكتب جبنجس: "ولأول وهلة يبدو من المستحيل أن سمكة خضراء زمردية تستطيع أن تجد ستراً مناسباً لها بين بتلات المرجان القرنفلية ولكن

اللون الأخضر الزمردي في هذه الحالة هو اللون الإضافي لذلك الظل القرنفلي بعينه، وعلى ذلك تمتص السمكة في خيالاتها".

ومن المحتمل أن تكون عين السمكة نقطة باهرة وقابلة للنقد وهي غالباً مستخفاة، فهناك بين شعاب تهايتي تعيش سمكة "الأربع عيون"، وهذه السمكة لها عين حقيقية محتجبة بواسطة خط داكن عمودي، بينما توجد عين سوداء وبيضاء كبيرة ظاهرة على كل جانب بالقرب من قاعدة الذيل، فإذا ما أزعجت تسبح إلى الخلف وتصل عادة إلى مأواها في أمان، وليس من السهل رؤية فرس البحر المعروف بين الحشائش الماشية ولكن يوجد في بعض مناطق الشعاب الأسترالية نوع منه "تنين البحر" ذو شكل عام غريب مبهماً بواسطة نمو خارجي يشبه ورقة الشجر حتى أنه لا يمكن تمييزه من الحشائش التي يعيش بينها.

حيوانات مضيئة ذاتياً

تجتذبنا اعتبارات الضوء واللون في البحر إلى الضوء الذي ينبعث بواسطة الحيوانات البحرية نفسها، فالضوء الفوسفوري – باستعمال أحسن مصطلح معروف لمثل هذا الضوء – منتشر بين الحيوانات البحرية، والضوء الهادئ اللامع الذي ينبعث منها ولو أنه غير منظور في ضوء النهار القوي جداً إلا أنه يظهر بالليل مماثلاً تماماً للضوء الذي ينبعث من الفوسفور الأصفر والباريوم التجاري وسلفات الكالسيوم. وقد يبدو أيضاً أن الحيوانات الميتة تصدر ضوءًا، ولكن هذا ناشيء عن تأثير الحياة لأن

الضوء ينتج عن فعل البكتريا التي تقوم بعملية التحلل، وتستطيع الأسماك الميتة الغنية بمادة الفوسفور أن تعرض منظراً غريباً مفزعاً في ليلة مظلمة وتظهر كأنها بقعة من ضوء فضي ليس له أصل حقيقي، وتعطي مثل هذه المادة فيضاناً مستمراً من الضوء كما تفعل فطريات خاصة حية وأسماك حية، ولكن هذا شاذ، والضوء في جميع الحيوانات المضيئة ذاتياً متقطع تقريباً ويحتاج الأمر إلى مؤثر من نوع ما لينتجه وعندما يزول المؤثر يختفي الضوء.

والمزارع في بريطانيا له فرصتان لمشاهدة تأثير الحيوانات المضيئة فسيجد – إما على سياج أو على هضبة خصوصاً أثناء ليلة من ليالي الصيف الهادئة – ديداناً متوهجة كأنها نجوم صغيرة هوت على الأرض وانتشرت هنا وهناك، وهذه الديدان هي إناث خنافس السياج(*) المعتمة اللون، وفي النادر جداً تشاهد حشرة أم أربع وأربعين المضيئة عن قرب، وقد يرى في المناطق الاستوائية الذباب المضئ (فوتينس وفوتيرس) وهي خنافس لها أجنحة دقيقة تتراقص بها في الهواء، ويوجد في الولايات الجنوبية بالولايات المتحدة الأمريكية نوع من الذباب يطلق عليه بقة السيارة لأنها تعطي في الليل ضوءًا أبيض من مقدم رأسها وضوءًا أحمر ياقوتيًا من مؤخرتها.

وكان سكان المناطق المجاورة للبحر يرون غالباً في أوقات مختلفة ضوءاً مشعاً لامعاً يلعب على سطح البحر بعيداً عن شواطئنا خصوصاً في فصلي

(*) لامبرس: للذكر نقطتان دقيقتان من الضوء فقط في نهاية الجسم.

الصيف والخريف، وإنما ذكرى لا تنسى إذ تستقل قارباً في ليلة حالكة وتنظر إلى الذيل الفضي الذي يظهر خلف القارب وإلى رشاش الضوء الناتج عن رفع المجاديف من الماء وإلى الدرر المتألقة التي تتساقط منها في البحر المظلم، وبمثل هذا السطح "للبحر المشتعل" يجد الصيادون أحياناً وعلى الأخص في البحر الأبيض المتوسط والمحيطات الدافئة أن المياه في الليل تكون مضاءة لعمق ما بكرات من نار بيضاء تنمو وتتضاءل عندما يطفو سرب من قناديل البحر عن قرب، أو يشاهدون فجأة خطاً من الضوء يظهر من اندفاع بعض الأسماك أو الأصداف المضيئة.

إن أفضل ما يسمى به إنتاج الضوء بواسطة الحيوانات المضيئة الذي هو عملية خاصة بها "الإنارة الحيوية" وهي نتيجة لصورة من صور التأكسد والاحتراق، ولكن بينما تكون العادة في مثل هذه العملية (التأكسد والاحتراق) أن القوة تطلق في صورة حرارة، وكذلك في صورة ضوء (شمعة، نار، نور كهربائي، وكلها أضواء "دافئة") فعندما ينبعث الضوء في الحيوانات تطلق جميع القوة كضوء دون أن يتلف منها شيء في صورة حرارة، وعلى ذلك تسمى "ضوءاً بارداً" وتسمى المادة المنتجة للضوء التي توجد في الحيوانات (لوسفرين) وينتج الضوء عندما يتحد اللوسفرين بالأكسجين، ويسمى الإنزيم أو العامل المساعد الذي يحدث هذا التأكسد في اللوسفرين لوسفراز، وتختلف الطبيعة المضبوطة للإنزيم من نوع واحد من الكائنات لآخر كما هي الحال في الصفة الحقيقية للضوء الذي ينبعث من كل، وتظهر أغلب أنواع الضوء لعين الإنسان بلون فضي أو أخضر باهت أو بنفسجي باهت.

ويوجد اللوسفرين عادة على هيئة حبيبات وهذه تنتشر في جميع مادة حيوانات دقيقة خاصة، وبذلك يضاء كل جسمها كما في الحيوان الأولي نكتكولا (ضوء الليل) وهذا الحيوان الأولي يرى بالكاد بدون مجهر ويظهر في أعداد لا تحصى في منطقة سطح الماء أثناء شهور الصيف، وينتج الكثير من ضوء سطح الماء المشع بواسطة ازدياد أو تضاؤل هذه النقط الدقيقة من الضوء، وينتج على جسم حيوانات عديدة مادة مخاطية مضيئة تتأكسد في وجود ماء البحر، وهذه المادة تنتجها بعض الرخويات الدنيئة عند نقط مخصوصة فقط بينما تلقي بها أخريات على الجسم كله كستار مضئ، ويذكر الكثيرون من الناس الجحور الأسطوانية التي يحفرها في الطمي الخزفي أو في الصخور الرملية حيوان البدوك (فولاس) وهو رخوي ذو صمامين، وينتج البدوك ضوءاً لامعاً تماماً بلون أخضر أزرق على خمسة مواضع من جلده، وتضئ كائنات أخرى من جسدها كله كما تفعل الدودة البحرية الكبيرة كيتوبتريس التي تعيش مختبئة في أنبوبة كالرق مدفونة في الطمي أو في حظيرة البحر التي توجد في الماء العميق الصافي بعيداً عن شاطئ اسكتلندا، وتجمع أنابيب الكيتوبتريس للدراسة في معمل الأحياء المائية ببليموث سوند، وإذا أخذت الديدان في حجرة مظلمة ونزعت من أنابيبها ولطمت بخفة بواسطة فرشاة رسم تمر على الجسم أمواج بلون بنفسجي باهت أو أخضر، وتتجه إلى سطح الماء بالليل في فصل التفريخ دودة بحرية أخرى (هتيرونيرس) وهي سباحة قوية، وعندما ينظر شخص في بحر مظلم من جانب قارب بمجاديف تظهر من الأعماق فجأة كضوء

مترنح وتنطلق على السطح بسرعة كوميض أبيض وبنفس السرعة تغوص إلى أسفل.

وتوجد بجانب هذه الأسماك التي تنتج الضوء هنا وهناك على الجسم أو من سطح الجسم كله حيوانات أخرى لها "أعضاء ضوء" معينة أو قناديل مضيئة ذاتياً يتركز إنتاج الضوء فيها وقوي، كما توجد أعضاء الضوء في كائنات سريعة السباحة لها بصر عيني قوي مثل الأسكويد والسبيدج والأسماك والجمبريات والكرل شبيه الجمبري أو يوفزيبيد، وبعض أنواع الأسكويد لها أعضاء غاية في الدقة بها حوالي عشرين مصباحاً، وكذلك الحال في أنواع خاصة من السبيدج، وواحدة منها لها مصباحان بلون أزرق سماوي بالقرب من عينيها ومصابيح بيضاء على كل من جانبيها ومصباحان حمراوان عند مؤخرتها، وجهاز الضوء الصناعي في الكرل على الأخص مشهور للصيادين لأن هذه الكائنات العديدة التي تبلغ بوصة ونصف بوصة في الطول موجودة بعشرات الآلاف على سطح المياه في البحار الشمالية ولها أهمية كبرى كطعام للأسماك الغذائية. وحيوانات الكرك شفافة فيما عدا عيونها الكبيرة السوداء ونقط صبغية دقيقة حمراء، وتوجد على طول جوانب الجسم وتحت الذيل مصابيح عديدة تضئ أو تطفأ تبعاً لباعث عصبي من الحيوان، ويقول رسل أنه من الممكن قراءة صحيفة على ضوء نصف دستة فقط من الكرل موضوعة في آنية بها ماء البحر. وقد يمكن مقارنة هذا الانبعاث الإرادي للضوء بالتفريغ الفولتي من الأعضاء الكهربائية في سمك الرعاد البحري وسمك السفن الكهربائي التي لها مولد

ميكانيكي عصبي، والدراسة العميقة لكل من هاتين الظاهرتين لها أهميتها لأنها قد تلقي ضوءاً على طبيعة وعمل "نشاطنا العصبي" الذاتي.

وأعضاء الضوء في جميع هذه الكائنات متشابهة في الموضع تقريباً وينتج الضوء في طبقة من الخلايا المنيرة، وتوجد عدسة أمامية مغطاة بجلد شفاف واق تستخدم لتقوية الضوء وإرساله، ويساعد هذه الخلايا المنيرة عاكس يمنع الضوء من أن يتسرب خلف العضو بواسطة طبقة من صبغ معتم، ويحمل الأكسجين الضروري لإنتاج الضوء بواسطة مجرى الدم. وهنا كيف نعلل هذا الإنتاج لضوء الحيوان؟ إن الضوء كما هو واضح لا يستخدم في أي غرض نافع في كثير من الأحوال: البدوك في جحره، ودودة الكيتوبترس في أنبوبتها في الطمي، والسبيدج الذي يتجنب بالنسبة لعادته في اللسع، والنكتوكولا التي تبتلع دفعة واحدة، وقد يكون إنتاج الضوء له منافعه في أحوال أخرى، فإذا علق مصباح على جانب قارب فإنه يجتذب إليه دون شك كائنات بحرية مختلفة.

والسمكة الصنارية التي تعيش في أعماق البحر لها طعم مضئ، ولاختبار كفايته أنزل الأستاذ هردمان شبكتين إلى قاع البحر لمدة نصف ساعة بالليل، ووضع في إحداهما مصباحاً عند مدخلها وكانت الأخرى بدون مصباح فحصل على كمية كبيرة من الصيد في الشبكة المضاءة، ولم يجد شيئاً في الأخرى تقريباً. ويغلب على الظن أن جمبريات وأسماكاً خاصة تستفيد من ضوئها الصناعي في المياه ذات الضوء المعتم لأنها تحمل معها

مصابيح أثناء البحث عن طعامها، ومن جهة أخرى قد يساعد إطلاق ضوء مفاجئ على إبعاد أي حيوان يتعقبها.

وكتب الكثير عن أعماق البحر بما يعيش فيه من الأسماك الغريبة وعن بريق ضوئها الفوسفوري وسط الظلام، ومع ذلك ليست الأسماك المضيئة شائعة على الأخص في البحار العميقة بل تخص غالباً عمقاً سطحياً يبلغ ٥٠٠ مترا في البحار الدافئة، وربما يكون الضغط في الأعماق العظيمة مما لا يمكن فيه حدوث تأكسد كاف لإنتاج الضوء، وينتج الضوء في الذباب المنير والديدان المتوهجة وبعض أنواع الديدان والأسماك غالباً في فصل التفريخ إن لم يكن كلية، وتوعز هذه الحقيقة بأن الضوء قد يستخدم كعلامة للتمييز، وعلى كل حال فهو يلازم الحالة الفسيولوجية الخاصة بالحيوان في هذه المدة.

ويبدو من المحتمل أن إنتاج الإضاءة هو جزء من النشاط الكيماوي المتعدد الذي يرافق عملية الحياة ويأخذ هيئة انبعاث الإشعاعات، ويحدث أن الإشعاعات المغناطيسية الكهربائية المختصة تكون مرئية لعين الإنسان وتصورياً لعيون الحيوانات، وهذه الحقيقة قد لا يكون لها أي مغزى خاص إلا من الجائز في كائنات صار إنتاج الضوء فيها من اختصاص أعضاء ضوئية، فمثلاً طيف النور الذي ينبعث من السبردينيا (نوع من القشريات الدنيئة) هو عبارة عن شريط عريض يبلغ على الأكثر حوالي ٤٨٠٠ أ وهو في حدود تلائم إبصار الإنسان، وأمواج مغناطيسية كهربائية أخرى – أشعة جروتش الميتوجينية – تنبعث عندما تنقسم الخلايا النباتية وتكون من

طول موجة تبلغ ٢٠٠٠ أ وهي لا ترى بعين الإنسان. وبهذه المناسبة قد يلاحظ أن عين الإنسان يمكن تنشيطها لتصير حساسة لأطوال أمواج فوق وتحت طيف النور العادي، فإذا نظر خلال ستار من ثنائي السيانين بواسطة ضوء النهار المنتشر فإن العين تصير نشطة بدرجة تسمح لها بتسجيل أطوال أمواج لا ترى عادياً، ويبقى تفسير مثل هذه النتائج التي لاحظها كثير من المراقبين موضوعاً مشكوكاً فيه حتى الآن.

وسنوضح بسرعة بتجربة بسيطة كيف يمكن تنشيط العين لتصير حساسة لألوان خاصة فتظهر لها أكثر بهاء، فمثلاً إذا وضع سائل صاف بلون أزرق في زجاجة وتمسك بالزجاجة قبالة الضوء وينظر الشخص إليها لمدة دقيقة أو ما يقرب من ذلك، ثم ينظر إلى المنظر العام حوله تظهر له الألوان الصفراء والحمراء أكثر بهاء عن المعتاد.

طريقة بسيطة لعمل مادة منيرة(*)

سخن قليلاً من أصداف الجندفلي في النار حتى تصير بيضاء ثم سخنها لدرجة الإحمرار في علبة قديمة ومعها ضعف وزنها من زهر الكبريت لمدة ساعات قليلة وبعد أن تعرضها لضوء شديد سيصير المركب الناتج منيراً.

(*) الميكانيكا العملية لنيونز، يناير سنة ١٩٣٧.

الفصل الخامس

استخفاء الحشرات والعناكب المماتنة

تصنع أغلب الحشرات مساكنها بين النباتات وتتغذى بتناول بعض أجزاء جسم النبات، ويقتصر كثير من الحشرات على نوع واحد من الغذاء النباتي فقط، فمثلاً لا تقتات ديدان بشارة البوصير إلا بأوراق البوصير، وكل نوع من زهور الفاكهة تهاجمه غالباً أنواع من السوس خاصة به، ويبدو أن التماثل العام بين الحشرات والنباتات التي تزودها بالغذاء أو الملجأ أو بهما معاً طبيعي تماماً، بل وهي الحالة العادية جداً، ولكن يوجد استخفاء محجب مفصل ويكون مثالياً أيضاً في كثير من الحشرات ويشمل اللون والشكل والمسلك.

الجنادب (النطاط)

إن الجنادب كانت ومازالت سيدة الموقف في فن الاستخفاء، ومن الصعب جداً التعرف على المكان الذي تستقر فيه بعد أن تقفز، والجنادب مغطاة بصفائح رقيقة كثيرة، بعضها ناعم ويلقي بأضواء قوية تجزئ الهيئة العامة هنا وهناك، وتوجد في مواضع أخرى على الجسم بروزات تعمل على تشويه السطح الأملس وتظهر غالباً على هيئة عروق على الورقة أو ضلوع على الساق، ويبدو الجندب وهو مستريح على نصل الحشائش بشكل زاوٍ أصم، ومع ذلك ينغمس بواسطة تحايلات كثيرة في اللون والشكل وسط

الخضرة ويظهر كأنه شقة رفيعة منها، والسطح العلوي لأحد الجنادب العادية البريطانية ذو لون أخضر لامع وله بروز وسطي داكن يمنع انعكاس ضوء لا داعي له، وتحتجز غطائيات الجناح المقوسة قليلاً ذات اللون الأخضر الأسمر الضوء، ولكونها نصف معتمة تبدو كأنها حواشيف ورقة ساقطة أو توعز بأنها الجزء الباهت الذي يتصل عنده نصل الحشى بالساق، و"الوجه" المنحدر للجندب والأجزاء البطنية فيه لونها أخضر أصفر وتتبع خطة التظليل المعاكس المعتادة، أي أنها بلون أدكن من أعلى وأبهت من أسفل، ولا ينتهي البطن الأخضر باقتضاب ولكن – وبطريقة غير محسوسة غالباً – بمجموعة من نقط مستدقة الطرف لونها أسمر ترابي وتظهر بقع سوداء على اللون الأخضر السائد، وعلى ذلك يظهر للشخص أنه ينظر إلى عدد من أطوال عمودية قصيرة من نصل الحشائش وبينها ظلال داكنة، والأفخاذ لها سطح علوي أخضر يتغير إلى لون أسمر كستني على السطح الأسفل ويعطي البروز القوي على طول قمة الفخذ تأثيراً كأنه عرق ورقة بارز، في حين أن السطح الخارجي العريض به علامات مشدفة كعظم سمك الرنكة تمنعه من أن يظهر كمنطقة بيضاوية واحدة، ومن المعتاد دائماً في الجنادب لكي تبدو هيئتها مثيرة أن يكون الجسم والأفخاذ على وتيرة واحدة دون وجود أي تقاطيع واضحة بها، وهذه خطة يقصد بها صرف الانتباه عن شكل هذه التراكيب الكبيرة.

وتشاهد الجنادب على أرض الحقل الجافة السمراء كأنها قطع من الأوراق أو الغصون الميتة تماماً، فلونها أسمر ترابي وعليها علامات صفراء أو سمراء نحاسية وتشبه بالضبط قطعاً من القش في الشكل واللون وتعطي

الحروف البارزة حول الركبة تأثيراً عقدياً، وتكون جوانب الجسم مرقطة باللون الرمادي والأبيض والكستنائي، وقد لا يظن الشخص أن هذه القطع من الأنقاض هي حشرات حية تستطيع أن تقفز لمسافة قدمين أو ثلاثة أقدام في لحظة واحدة.

وتفقس الجنادب البريطانية من البيض في الصيف المبكر، وقد تشاهد في الحشائش على جوانب الطرق أو في المراعي أو على سفح تل أو بالقرب من مستنقع، ومعظم الأنواع لها نتاجان في السنة، وتموت في أواخر فصل الخريف بعد أن تترك بيضها مدفوناً في الأرض، وتنمو صغار النتاج الأول في بيئة بها أوراق خضراء زاهية، وهذا اللون الأخضر هو لونها السائد، ويكون لون البيئة من وقت حصاد الدريس وبعده هو الأخضر الباهت والأصفر الفاتح وتأخذ الجنادب نفس اللون في هذه المدة، وثمة أنواع كثيرة لونها ترابي في الأماكن التي يكون فيها التراب ظاهراً، وتوجد في المروج والمستنقعات حيث تمارس طريقة حرق الأدغال مساحات شاسعة من الأرض السوداء عليها جذور محترقة وبقايا رمادية اللون، وهنا تكون الجنادب سوداء وعليها علامات رمادية بيضاء.

وتنمو الجنادب ببطء نوعاً، والأشكال غير اليافعة هي التي تقاوم اشعاعات من بيئتها، وتكتب السيدة هـ. هـ. برندلي في وصف جندب في سهول روسيا: "وفي شهر يونيو عندما تكون الحشائش خضراء يافعة يكسو جنادب التركسليد لون أخضر ويظهر على قرون الاستشعار وحافات الأجنحة طلاء فضي مشرب بظلال أرجوانية، فلا تميز من بين أنصال

الأوراق والأطراف الأرجوانية للحشائش، وتظل الجنادب تأكل في البقعة نفسها في شهر أغسطس عندما تصير الأعشاب جافة وصفراء اللون، ولكن تكون في هذا الوقت سمراء اللون وتبدو بمنظر مشوط وفي مشابهة تامة لقطع القش".

والجنادب التي تعيش تحت ظروف صحراوية لها حيلها الخاصة في الاستخفاء، ويلقي الضوء الساطع الساقط عليها بخيالات واضحة خصوصاً عند اتصال الفخذ بالجسم، وقد يوجد في صحراء حجرية بالجزائر جندب له مظهر يماثل في النسيج واللون والهيئة العامة الحصى العاري المضئ بأشعة الشمس الذي يجثو بينه، وله أهداب من الشعر تمنع حدوث ظل بين الفخذ والجسم لو وجد يفضح أمره، ويتشابه جندب أسترالي بالغصن فيأخذ وضعاً عجيباً، فيطأطئ رأسه على فرع الشجرة ويمدد أقدامه وأرجله وجسمه على سطح الفرع ويرفع غطائيات الجناح المصلبة المرتكزة على الفرع بزاوية تشبه الغصن بالضبط.

الفراشات والبشارات

إن أمثلة الاستخفاء التي تقدمها الفراشات والبشارات سواء في وقت بلوغها أو في أطوار حياتها لا حصر لها، ويوجد في بريطانيا نبات الأشنة (أسينا برباتا) المعروف بلونه الأخضر الرمادي، وينمو في خصلات على الأشجار في غرب المملكة وأماكن أخرى، ويستعمل هذا النبات كمسكن وطعام لدودة بشارة "برسل لاس" وتمتزج هذه الدودة تماماً مع نبات الأشنة

ولا تكتشف مطلقاً إلا بمحض الصدفة، و"أعجوبة النهار" بشارة فاتنة اللون وشكلها غير منتظم ولونها أخضر باهت ورمادي وعلى جسمها بقع داكنة كأنها ظلال، وهي تستريح أثناء النهار على نبات الأشنة الذي هو من نفس هذه الأشكال والألوان تماماً وبذا يكون من المستحيل التعرف عليها غالباً.

وثمة بشارات تمتزج أطوار حياتها الثلاثة المختلفة – اليرقة والشرنقة والحورية المجنحة – مع أماكنها الطبيعية تماماً فيصعب رؤيتها، وتستريح بشارة لبلوط الجميلة أثناء النهار ناشرة أجنحتها على جذع شجرة البلوط، وقشرة هذه الشجرة لها نسيج ولون وشكل خاصة، وتوجد على أجنحة البشارة مساحات تبدو متماثلة مع القشرة وتنغمس فيها تماماً، كما توجد مساحات أخرى تتباين بشدة وتبرز واضحة، وبذلك تشوه المنظر العام للأجنحة المنشورة، وشرنقة بشارة البلوط الجميلة لها من الألوان مثل ما للأرض التي تحتمي فيها، أما اليرقة فتشبه غصون البلوط التي تتغذى بأوراقها، فلون جسمها أسمر باهت وعلى جلدها خطوط وطيات تتشابه مع مثيلاتها على الغصون، والرأس له منظر عقدي غير منتظم، وتقضي اليرقة معظم وقت النهار ساكنة متوترة، وهي تقبض على ساق النبات بأقدامها الخلفية، كما أن جسمها بارز إلى الخارج على طريقة الغصن، ولا تكتشف مثل هذه اليرقات إلا إذا تحركت أو لمسها الشخص عفواً قبل أن يدرك وجودها.

وتقدم أجنحة الفراشات فرصاً عظيمة لفن الاستخفاء، فالسطوح العليا للجناحين براقة اللون غالباً، في حين أن سطوحها السفلي لها مسلك لوني محجب، وعندما تستقر الفراشة تطوى أجنحتها اليسرى على الأجنحة اليمنى بشكل عمودي على ظهرها وبذا لا تشاهد إلا السطوح السفلى وحدها، وهنا ترى ألوان مرقشة بظلال من اللون الأسمر والرمادي وتوعز بأنها قشرة الشجر أو الأوراق الميتة أو الحجارة، وحافة الجناحين التي تقع في دائرة الظل تميل لأن تكون هي الجزء المحدود الواضح، وهي عادة إما منقوشة أو محزمة بنوع من العلامات التي توحي بوجود بروز له ثلاثة أبعاد كما هي الحال في حافة القشرة المتموجة، وتنمحي الهيئة المميزة لحافة الجناحين غالباً بأشكال ملفتة للنظر، وتظهر على عرض الجناح العلوي والسفلي في جانب واحد، ويوجد على كل من جانبي بشارة عرق الدم خط أحمر رأسي يقسم مساحات الجناح بدقة فتبدو للشخص بمثابة قطع من الأوراق الباهتة متناثرة على بساط من الأوراق الساقطة. والمثال التقليدي لفراشة الورقة الميتة كليما التي تستوطن الهند وسيلان هي حالة متقنة للاستخفاء بداعي اللون والشكل والوضع، فالفراشة كبيرة الحجم، والسطح العلوي لأجنحتها لونه أرجواني ثابت ويمر بعرضه شريط برتقالي، فإذا طارت تلفت النظر، وإذا ما استقرت فجأة على أيكة يتعذر رؤيتها، والأجنحة المطوية تشبه في الشكل ورقة بطرف مدبب، وعند قاعدتها بروز يشبه العنق، وطرف هذا البروز (العنق) مرتكز على غصن، وبذلك يكتمل الشكل الذي يوحي بأنها ورقة ميتة ما زالت متصلة بفرعها، والسطح

السفلي للأجنحة لونه أسمر داكن وعلى هذا السطح خط داكن كأنه العرق الأوسط للورقة.

وثمة فراشات عديدة لها عادة مثيرة للدهشة في استقرارها على مثل هذا الوضع الذي تلقي فيه أجنحتها بأقل ما يمكن من الظل، والسطح العريض لأجنحتها المطوية قائم على الجسم كأنه شراع قارب وقد يلقي بخيال واضح مالم توجه الفراشة نفسها في وضع مواز لاتجاه الشمس، وقد لا يوجد في مثل هذا الوضع أي خيال مطلقاً أو على الأكثر خط رفيع أسود لا يأخذه الطائر العابر على أنه فراشة مستريحة.

وتستريح الفراشة الشهباء الفضية (ستبرس سملي) غالبا على أرض عارية بأجنحتها مطوية، ومن عادتها أنها تميل بأجنحتها إلى أحد الجانبين، وينتج عن ذلك نسق محجب تماماً، فالظلال التي تلقيها عروق الجناح البارزة تقسم سطح الجناح المضاء إلى عدد من المساحات الصغيرة.

ويحدث إنتاج مهم من الألوان المتناسقة مرة واحدة في تاريخ حياة فراشات مختلفة وبالأخص في المرحلة المهمة التي تتحدد فيها ألوان الشرنقة أو العذراء، وتنظم فراشة الكرنب البيضاء لونها وهيئتها ومنظرها بدقة لكي تتماثل مع قشرة الشجر أو الجدار أو السور الذي تستقر عليه أو تأخذ اللون الأخضر للنبات الذي تتغذى به كما هي الحالة في النتاج الأول غالباً، ويرجع تنظيم اللون هذا إلى الحساسية عالية الشأن في عيون الدودة للضوء المنعكس من السطح الذي توجد فيه قبل أن يحدث التشرنق

مباشرة، وتمتد مدة الراحة في الشرنقة إلى أربعة أيام غالباً (كما قرر د. مور)

وتثبت التجارب التي أجريت على الدودة بعد تغطية عيونها بأصباغ شفافة من ألوان مختلفة أن العيون هي المستقبلات المختصة للضوء وليس الجلد كله، وفراشة صدفة السلحفاة الصغيرة وفراشة الطاووس لها أيضاً شرانق تعرض تناسقاً مميزاً مع لون الأشياء المحيطة بها، ويتأثر لون الشرنقة أيضاً بدرجة الحرارة التي يحدث فيها التغيير المهم.

وهناك ديدان يتحدد لونها تبعاً للوسط المحيط بها، وقد تكون الديدان في عائلات مختلفة من البشارات بلون أخضر أو أسمر تبعاً للظروف، وتستطيع يرقات البشارة الهدبية أن تنظم ألوانها وهيئتها وهي صغيرة، كما تستطيع بشارة الكرنب (ممسترا برسيكا) أن تنتج يرقات من ضروب عديدة الألوان.

وبعض الديدان لها عادة مدهشة بأن تظهر في "قناع" مخيف إذا أزعجت أو أنذرت بالخطر، وبشارة "بص" شهيرة بمثل هذا المسلك، ويصفها اسحاق ولتون بدقة فيما يلي: "أن الألوان الحقيقية للديدان كما شاهدها الإنسان رشيقة أخاذة، وسأصف واحدة منها كمثل لبقية المجموعة، وسنشاهدها في وقت ما بعد شهر وهي تتغذى على شجرة الصفصاف، وستجدها حينئذ مطابقة لهذا الوصف الدقيق، فلون الشفتين والفم أصفر نوعاً والعيون سوداء كالكهرمان الأسود، وجبهتها أرجوانية

اللون والأقدام والأجزاء الخلفية خضراء وذيلها ذو شعبتين سوداوين وكل الجسم مصبوغ بنوع من النقط الحمراء التي تظهر على طول الرقبة والكتف بشكل الصليب أو شكل × فيبدو مصلباً، ويمر خط أبيض على الظهر والذيل ويضفي كل هذا جمالاً باهراً على الجسم كله".

وإذا أزعجت دودة بشارة "بص" تسحب رأسها قليلاً وتسفر عن أجزاء من الجسم تكون عادة مختفية، ويعطي الترنجهام وصفاً أخاذاً لما يحدث "... ويظهر وجه مخيف أحمر وثائر وتحملق عينان سوداوان كالفحم في الدخيل، بينما يرتفع الذيل المتشعب استعداداً للمعركة، فينطلق من أطرافه خيطان قرمزيان لهما منظر خبيث ويتلويان ويرعصان كالديدان السامة" وما القناع المخيف إلا خداع فقط، غير أن الأسواط الخيطية الشكل يمكن أن تعرض أهميتها العظيمة إذا هوجمت الدودة بواسطة ذبابة النمس المتطفلة، وهذه تنهزم غالباً بعد أن تصاب أجنحتها بالتلف أثناء المعركة.

ويرقات بشارة الصقر الأجنبية لها مسلك فذ، وواحدة منها تستوطن "بارا" تماثل حين تكون مستريحة غصناً مكسوراً، فهي تقبض على فرع الشجرة بواسطة زوجين من أرجل كالمشبك ويكون جسمها الملون كقشرة الشجر والمغطى بنبات الأشنة بارزاً في جمود على هيئة زاوية وتتحول اليرقة إذا أزعجت إلى هيئة أخرى، فتظهر أجزاءها البطنية وتنفخ أشدافها الصدرية وتبدو كأنها رأس ورقبة ثعبان مخيف ولو أنه صغير، بحراشيف صفراء ذات أطراف سوداء، وكذلك عيون سوداء ويمر على طول أجزائه

البطنية شريط عريض أبيض اللون، ومما يزيد في تأثير هذا المنظر المخيف حركات ترنحية من جانب إلى جانب ترعب الحيوان الذي يشهد العرض.

السرعوف الناسك (فرس النبي)

يعطي السرعوف الناسك مثلاً مرعباً للاستخفاء بقصد الاعتداء، ويستمد هذا الناسك اسمه من الوضع الذي يتخذه في حالة استعداده للقبض على فريسته، ويمكنه استعمال المفصل الطويل القوي في نهاية الساق الأمامية كنصل المطواة الذي يترك نصف مفتوح ثم ينقبض بسرعة قبالة غمده على الحشرة التي تقع في الفخ بين شقي الرحا، وينتظر السرعوف في وضع "التنسك" في سكون تام بساقية الأماميتين مرفوعتين وأنصالهما نصف مفتوحة، ولا يستطيع أن يقوم بضربته ما لم تكن الفريسة قريبة منه حقاً، ويظل وجوده غير ملحوظ لمماثلته بالورقة أو الزهرة.

وتمكث أنواع كثيرة من السراعيف بجانب زهرة تكون بتلاتها مماثلة لها في الشكل واللون، فيوجد مثلاً السرعوف الهندي الذي يتخذ لنفسه صورة مطابقة لأحد الزهور التي تدر رحيقاً ويتغذى بالحشرات التي تحط عليها في طلب هذا الرحيق، وتوجد السراعيف عادة في المناطق الشرقية والجنوبية من الولايات المتحدة الأمريكية، وهي تبيد حشرات كثيرة ضارة بالزهور وكذلك عدداً محدوداً من النحل، وهناك سراعيف أخرى تشبه الغصون والأوراق، وشاهد كنجستن سرعوف الورقة معلقاً بقشرة الشجرة وظل في

سكون تام معظم الوقت، ولكن كان من حين لآخر يأتي بحركات مختلفة غير منتظمة كما هو الحال في الورقة التي ترفرف إذا هب عليها نسيم مفاجئ.

يرقات قادس

تمدنا يرقات قادس التي تعيش في البرك ومجاري المياه البطيئة بدراسة مبسطة ولكن خداعية في الاستخفاء، فهذه الحشرات اللينة الأجسام الصالحة للأكل تنسج لنفسها أنبوبة من الحرير وتلصق بها قطعاً من الغصون والأوراق والأصداف الصغيرة جداً وقطعاً من الحصى الدقيق، وما شابه ذلك من المواد التي تجمعها من قاع البركة، وقد تقضم قطعاً من الأوراق الحية لنباتات الماء بأشكال ملائمة وتلحمها في هيئة أنبوبة مرنة بواسطة حرير تغزله بأفواهها، وتزحف يرقات قادس وهي مطلة بأطراف رؤوسها فقط وتنسحب في أمان عند اقتراب الخطر داخل بيوتها المتنقلة، ويحقق لنا مثل واحد كيف تكون هذه الأنابيب خداعية، فبالوقوف على حافة بركة صناعية وبالنظر إلى جوانبها المنحدرة المتحجرة شوهدت قطع من الغصون متناثرة هنا وهناك على المنحدر أو طافية على سطح الماء، وكانت المياه ساكنة تماماً، ومع ذلك شوهدت بعض الغصون تتحرك ببطء ولم تكن هذه الغصون المتحركة سوى يرقات قادس ترعى في مواد دقيقة خضراء على الجوانب الحجرية.

الحشرات العصوية

يروي زائر لجنوب فرنسا كيف استصحب إلى أجمة من الورد وعرض عليه فيها عدد من الحشرات العصوية متعلقة بين الأوراق، وكانت أجسامها تشبه تماماً سويقات ناعمة خضراء في أجمة الورد أو أوراقاً دب العفن في بعض أجزائها عندما شوهدت من زوايا مختلفة، وكانت أرجلها رفيعة جداً بدرجة أنها تفلت من الملاحظة أو تؤخذ على أنها تفلت من الملاحظة أو تؤخذ على أنها عرق بارز في ورقة معرضة للضوء، وكان من المستحيل اكتشاف الحشرات على بعد ياردة واحدة حتى بعد تمييزها عن قرب وظلت طول الوقت في سكون تام.

ويعرف كل شخص يحتفظ بالحشرات العصوية لأول مرة التجربة المدهشة بعد أن يغلق عليها القفص ليلاً وهي معلقة على غصينات الأشعة المورقة، ثم عند فتح القفص في صباح اليوم التالي يظن أنها هربت عن آخرها، ولكن بعد هذه الصدمة الأولى وبعد أن يفحص القفص بدقة يقع نظره على واحدة ثم أخرى، وهكذا حتى يدل عددها على أنها موجودة كلها في القفص، فالحشرات كانت تتغذى وتنتقل أثناء الليل، ثم أنها "تتجمد" في أوضاع نهارية تختلف عما تركت عليها في الليلة السابقة، وتبدأ العين من جديد لتفحص خلال هذا الإيهام، فجسم الحشرة هو الغصن الظاهر وتكمل الرأس هيئة غير منتظمة من طرف واحد وتظهر الأرجل الطويلة الزاوية كأنها أوراق لا ترى سوى حافاتها أو كأنها عروق الورقة نفسها، وتبقى الحشرة العصوية أثناء ساعات ضوء النهار بلا حراك وفي

حالة تشبه الإغماء ما لم تنزعج بشدة، وقد تتحرك الأرجل الطويلة من آن لآخر وبذلك يتأرجح الجسم من جانب إلى جانب كورقة هب عليها تيار هوائي عفواً، وتنتقل الحشرة وتأكل في الليل وقد تقطع مسافات كبيرة على أرجلها الطويلة.

والحشرات العصوية غير مزودة بما تدافع به عن نفسها كلية، وتجدها الحيوانات غذاءً طيباً لها، ويساعدها في أغلب الأحيان شكلها ولونها وتناسقها وثباتها على الفرار من آكلات الحشرات وعلى الأخص أعدائها الرئيسية من الطيور والسحالي.

وتوجد أشكال لون عديدة: أخضر وأسمر وظلال وسطية بينهما، وجميع الشكال بها أصباغ متعددة موجودة كحبيبات في خلايا الجلد، وهذه عبارة عن أصباغ دهنية برتقالية وصفراء وملنين أسمر وصبغ أحمر وأخضر، وتبعاً للنسق اللوني في الأيكة أو السياج أو الشجرة التي تتخذ منها الحشرات مساكنها تزداد كميات الأصباغ المختلفة أو تقل في حدود وقت قصير حتى يكتمل تنظيم اللون (تغيير اللون الشكلي).

وفي نفس الوقت يختلف كل شكل لوني فيما عدا الأخضر في عمق ونوع لونه تبعاً للظروف الجارية، ولون الحشرات باهت بالنهار وداكن في الليل وتصير في الهواء الرطب أدكن في مدة أقل من ساعة إلى ساعتين، وتعمل جدران الأنابيب القصبية حاملة الهواء كمستقبلات للرطوبة التي

يحتوي عليها الهواء وينتقل منها المؤثر إلى الجهاز العصبي وتؤثر درجة الحرارة والأكسجين التي يحتوي عليهما الهواء أيضاً على النسق اللوني.

وتستجيب الحشرات العصوية للسطح الباهت (أبيض أو أصفر باهت) بأن تصير باهتة وللسطح الداكن (أسود أو أحمر) بأن تصير أدكن لوناً، وبينت اتزلر أن الجزء الأسفل من عين الحشرة الذي يستقبل ضوءاً منعكساً من السطح هو المسئول عن تنظيم لون الجسم ليماثل لون السطح، كما بينت أن التنظيمات السريعة المؤقتة (تغيير اللون الفسيولوجي) بالنسبة للنهار والليل والرطوبة ومكان الراحة المؤقت وهكذا – تغييرات ناشئة عن انتشار أو تجمع الصباغ السمراء أو البرتقالية – والتغييرات الأبطأ والأكثر استدامة الناتجة عن صنع أو استرداد أصباغ مختلفة (تغييرات اللون الشكلية) كلاهما ينظم بواسطة هرمون تطلقه غدة في رأس الحشرة وينشط في المخ، والعيون هي المستقبلات لكل من الضوء الباشر والمنعكس، وتختص قرون الاستشعار غالباً باستقبال مؤثرات درجة الحرارة كما تختص القصبة الهوائية باستقبال مؤثرات الرطوبة.

ويعتبر الأستاذ جبرزبرج الذي أجرى البحث تحت إشرافه أن هذين النوعين من تغيير اللون أي الشكلي والفسيولوجي هما صورتان لعملية واحدة وينتج عن التنبيه المستمر لمركز تغيير اللون في المخ زيادة محتويات الهرمون في الدم مما يؤدي إلى تكوين أصباغ إضافية.

العناكب

يصنع نوعان من العناكب مساكنهما في الزهور، وقد يكون أحد أنواع عناكب الزهور (مسيو مينا كليسينا) أبيض اللون أو أصفر كناريا، ويستطيع أن يتغير من لون لآخر في أقل من أسبوع، وتتخذ هذه العناكب من زهور النباتات البقلية مأوى محبوباً لها ولا يكتشفها الإنسان إلا بمحض الصدفة فقط كما يحدث مثلاً عندما ينزل عنكبوت كناري اللون من شجرة اللبرنم المزدهرة ليقتنص فريسة على نبات أخضر من الأعشاب تحتها، أو بعد استحضار باقة من زهور الروض إلى المنزل ويظهر أحد البراعم الزهرية لبرهة أنه صار حياً ويجري فوق المائدة معلناً وجود العنكبوت.

ووجد أن نوعاً آخر (مسيومينا ثاتيا) من هذه العناكب يغير لونه أثناء فصل الصيف تبعاً للزهور التي يختارها للتردد عليها، ووجدت هذه العناكب في شهري يونيو ويوليو في زهور الأقحوان المعروفة بزهور عين النور حيث كانت كلها بيضاء اللون، ووجدت غالباً في أواخر شهر يوليو وأوائل شهر أغسطس في زهور القضيب الذهبي، وصار بعضها بلون أصفر بينما صارت كلها في منتصف شهر أغسطس وشهر سبتمبر إما صفراء باهتة أو داكنة.

وهناك جنس آخر (توميس انستس) من عناكب الزهور لون أفراده قرنفلي، وتوجد عادة بين زهور نبات الخلنج وتستطيع أن تغير لونها بقدر محدود، ويوجد عنكبوت الحديقة الظريف (أرنيا ريموري) بلونه الأخضر

اللامع بين الحشائش ويستطيع أن يأخذ لون قشرة الشجر السمراء في ثمان وأربعين ساعة.

وتتخذ بعض العناكب النساجة استخفاء يمنع جسمها المعتم من أن يظهر واضحاً على النسيج المغاير لها لأن النسيج أو الفخ يكون غالباً غير منظور، ولكن يمكن رؤية العنكبوت بوضوح ويكون في هذه الحالة معرضاً للهجوم عليه من طائر عابر، ويبني نوع واحد من العناكب (نوع من السيكلوزا) على نسيجه محوراً أو محورين كاذبين من الحرير ويضع في وسط كل منهما حزمة من الأنقاض في حجم جسمه، ويزين عنكبوت آخر نسيجه بحرير أبيض سميك على شكل حلزوني أو متعرج يجذب النظر إليه ويصرف الانتباه عن العنكبوت نفسه.

ويصنع أحد العناكب (أزاليا) التي تستوطن غيانا البريطانية على نسيجه بقايا من قشر الشجر والأشنة التي يقطعها من الشجر في حجم ولون جسمه تماماً، ومن الحيل الماكرة جداً إقامة غصن صناعي من قطع من الأنقاض في عرض النسيج بعد أن تترك مسافة بين جزئي هذا الغصن تلائم بالضبط جسم العنكبوت، فإذا ما أزعج يستطيع أن يندفع في هذه المسافة ويزول كأنه كائن مختلف.

ذكرنا فيما سبق العناكب التي تظهر مستخفية على هيئة النمل وتحظى بالنجاة لهذا السبب، وتوجد عناكب تمر على أنها حشرات أبو العيد لما لها من أجسام بيضاوية محدبة بنقط سوداء على سطح أحمر أو

برتقالي، وخنافس أبو العيد تتجنبها الطيور لأن طعمها تعافه النفس، والعناكب "المتماتنة" تترك وشأنها وهي تنجو أيضاً من الزنابير المفترسة ومن الطفيليات النمسية.

لمدة أحد عشر عاماً في وادي الأمازون إن المماتنة تحدث على مدى واسع بين الفراشات، واهتمت الأوساط العلمية بذلك في عام ١٨٦١، ومما أدهش باتس تناسق العينات التي جمعت من كل بقعة في اللون والشكل وكذلك الحقيقة أنها تغيرت كما كانت تبدو أثناء العبور من بقعة إلى أخرى كما لو مستها عصا ساحر.

وهناك حالة شهيرة تختفي بها عائلة الفراشات الحلزونية، فهذه الفراشات لها أجنحة طويلة بيضاوية الشكل بلون أسود وأصفر وتطير في مجموعات كبيرة ببطء ورزانة، ولا تصلح كغذاء للسحالي والطيور بالنسبة إلى أنها تفرز سائلاً ذا رائحة مؤذية إذا هوجمت، وعندما فحصت مجموعة كبيرة من هذه الفراشات الحلزونية وجد أن بينها أنواعاً تتبع جنسين من فراشات عائلة أخرى (بيريدي) تظهر بين أفرادها اختلافات تامة في اللون وشكل الجناح، وفراشات البيريدي صالحة للأكل ولكن بالنسبة إلى أن فراشات الجنسين تشبه الفراشات الحلزونية الرديئة فهي تنجو من الهجوم عليها.

وهذا مثال واضح، ولكن قام باتس أيضاً باكتشاف محير وهو أن أنواعاً تتبع عائلة فراشات غير شهية (إينوميدي) ولها طريقة لون تحذيري

مختلفة وخاصة بما شوهدت في كسوة الفراشات الحلزونية ذات اللون الأسود والأصفر، ووجه ف. مولر العالم الطبيعي المستوطن في البرازيل الكثير من عنايته لموضوع مماتنة الفراشات وتعرف نظريته في تفسير مثل هذه الحالات باسم "مماتنة مولر"، وتتلخص النظرية في أن الأعداء التي تأكل الحشرات وقد تعلمت كيف تميز النوع الردئ بلونه، قد تهاجم مع ذلك أنواعاً أخرى رديئة ولكن بألوان مختلفة، وقد تستفيد هذه الأنواع الأخيرة إذا اتخذت لنفسها طريقة اللون نفسها، ويوضح الأستاذ بولتن ذلك "تشبه مماتنة مولر الإجراء الذي تتخذه مجموعة من المصانع القوية التي يكون لها شهرة أعظم بتخفيض القيمة عن طريق الإعلان المشترك".

وحالة فراشات الدنياس التي تتبع جنساً في إفريقيا هي مثال حقيقي من الحالات المعقدة في مماتنة الفراش، وفي هذا الجنس ثلاثة أنواع لا تستسيغ الطيور طعمها، والثلاثة الأنواع كلها تقلدها إناث فراشة خطافية الذنب (بابليوسينا) في حين تبقى ذكور هذه الفراشة على شكلها ولونها العاديين، وقد تفقس كل أشكال الإناث الثلاثة من فراشة خطافية الذنب (التي قلدت الثلاثة الأنواع من فراشات الدنياس) وكذلك الذكور من بيض وضعته أنثى واحدة، وهي حالة يفسرها قانون مندل للوراثة، ولكن ليس في أصلها ما يستغرب، وبينت تجارب التربية أن حالات البيئة قد تنتج أشكالاً مختلفة من الإناث من مجموعة بيض واحدة، ووجد الدكتور فان سمرن أنه كنتيجة لفزع القفص الذي كانت اليرقات تتشرنق فيه أظهرت الفراشات الناتجة صفات متحدة من الذكور والإناث في اللون والشكل، وتوعز مثل هذه الحالات بشدة ملائمة أشكال خاصة لمثرات البيئة، وحقاً يبدو من

المعقول الظن بأن حالات طبيعية وكيماوية خاصة في أماكن خاصة لها فعل مباشر في إنتاج طرق لون براق في أنواع تستجيب لها سواء كانت تؤكل أو لا تؤكل.

ويستخدم النمل الذي يميز بسهولة ولا يؤكل نسبياً كمثال لكائنات أخرى مختلفة، ويستوطن في غيانا عنكبوت يحمل على ظهره نملة ميتة، ويختفي العنكبوت ويحتمي بواسطة حمله الذي هو أكبر منه كثيراً، ويمر على أنه عضو من جماعة النمل حاملة الفراد الميتة، وقد يشاهد في غيانا نمل كوشي أو قاطع الورق في مجموعة كأنها موكب، وتحمل كل حشرة منها قطعة مشرشرة من ورق الشجر على هيئة شراع المركب فوق ظهرها، وقد توجد بينها مصادقة بقة الممبرسيد مشتركة في الموكب وتحمل أيضاً جزءاً من ورقة فوق ظهرها ولا تميز إلا بالملاحظة الدقيقة، ولكن الورقة التي تحملها صناعية صنعت من بروز أخضر رقيق من جسم الحشرة نفسها.

وبعض الكائنات التي لا يسمح لها شكلها الطبيعي مطلقاً بأن تمر كنملة تستنبط لنفسها تنكراً بطرق شتى، وهناك نوعان مختلفان من العناكب يتخذ كل منهما شكلاً مشابهاً لشكل النملة، فيبدي أحدهما "وسطاً" رفيعاً في منطقة الرأس صدرية من جسمه بينما يبديه الثاني في المنطقة البطنية. ويوجد في السودان جندب له وسط مستدق وبطن مستديرة كما في النملة وملون بالأسود على سطح باهت، كما توجد على الأقل أربع حشرات لا صلة بينها ولها طريقة لون واحدة تعطيها مماثلة ظاهرية للنمل، وتصف السيدة "بكهام" عنكبوتاً يعيش في أمريكا الشمالية

ويتخذ لنفسه مماتنة قريبة جداً للنمل في حركاته "والعنكبوت يشبه نملة عندما يقتنص فريسته فيسير دائماً متعرجاً من جانب إلى جانب ويرفع الزوج الثاني من أرجله الأمامية في مقدم رأسه متداعياً بأنهما قرنا استشعار، وبدلاً من أن يقف ساكناً كما هي عادة أغلب العناكب فإنه يحتفظ بتثنية بطنه باستمرار ويجذب فريسته في اتجاهات مختلفة ويضربها في الوقت نفسه بأرجله الأمامية مقلداً بذلك الحركات القلقة التي تعرضها النملة حين تزاول مثل هذا العمل".

وتتجنب أكثر الحيوانات آكلات الحشرات الزنابير والدبابير وبعض أنواع النحل الكثيرة، وتنحصر العلامات المميزة للكسوة التحذيرية التي ترتديها هذه الحشرات "الغشائية الجناح" في ألوان سوداء وسمراء نحاسية وأجنحة شفافة ضيقة، وقد يشاهد عدد من الحشرات غير الضارة والصالحة للأكل طائرة في الجو بألوان كاذبة من هذا النوع، فبشارة الدبور صافية الجناح وبشارة الدبور القمرية لهما جسم نحيل ناعم وجناح نموذجي للدبور المخيف، وبشارة صقر النحل لها جسم زغبي قصير وجناح نموذجي للنحلة المتواضعة، وتتردد كل هذه البشارات على الزهور في صحبة الزنابير والنحل الحقيقية، ويوجد بإنجلترا ستة عشر نوعاً من الحشرات الحرشفية (لبيد بترا) بأنموذج "صافية الجناح" وطريقتها في الطيران أو هيئتها تجعلها غير مميزة من الحشرات الغشائية الجناح (هيمنبترا) اللاسعة. وتشبه بعض الأنواع من "الذباب الحوام" أو السرفيد في بريطانيا الزنابير وبعض النحل، وإذا راقب شخص حشداً منها متجمعاً حول باقة من زهور القحوان الميكائيلي يصعب عليه البت في أمر أيهما يكون النحلة أو الذبابة الحوامة،

فإذا وقع نظره على زوج من قرون الاستشعار الطويلة أمكنه أن يسميها حقيقة نحلة، ومن عادة "ذبابة النحل" أن تدخل أعشاش نحل وزنابير مخصوصة وتضع فيها بيضها وتتغذى اليرقات الناتجة على النفايات وتستخدم كحاملة القمامة.

ويذكر "كت" أن يعسوب الغابة إذا أمسك تظاهر بأنه يهم باللسع، فتحني اليعاسيب بطنها وتحك طرفها قبالة الأصبع الممسك بها بحالة فيها عزم وتهديد، وهناك بشارة وخنفسة لكل منهما حقيقة إبرة كاذبة تدخلها وتخرجها إذا قبض عليها، كما توجد في غيانا البريطانية ذبابة تشبه بدقة الزنبار النمسي، وهذا الزنبار له قرون استشعار بيضاء الطرف في حركة اهتزازية مستمرة، كما أن الذبابة لها أقدام بيضاء أمامية ترفعها وتحركها إلى الأمام وإلى الخلف بتموجات خفيفة.

إن المماتنة عملية غريبة وتثير أسئلة لا ينتظر أن يكون لها تفسير علمي مقنع، ويبحث هذا الموضوع في فصل تال من هذا الكتاب، ومن الممكن رؤية المماتنة بإدراك تام فقط إذا اعتبرت بالنسبة إلى مجال المشابهة الوقائية كله وتعودنا على حقيقة الحشرات التي تماثل قشر الشجر والغصون والحجارة... إلخ، كما توجد في جميع أنحاء العالم أنواع مختلفة من حشرات تشبه الأوراق الميتة. ومع ذلك فمماثلة الحشرة لورقة الشجر (مماثلة محجبة) هي غير طبيعية تمامًا كمماثلة العنكبوت للنملة (مماثلة بالمماتنة). ولنفترض الآن أن الحشرات تدرك نسق ولون وهيئة الأشياء التي تحيط بها مباشرة أو الأوراق والزهور التي تتمايل إذا هبت عليها الرياح،

فلم لا تدرك أيضًا الحياة الواضحة سريعة الحركة التي هي حقًا جزء من بيئتها؟ ومن الأنسب لحشرة ذات عادات بطيئة تعيش بين الأشنة أن تتخذ لنفسها هيئة الأشنة وتحي بالبقاء ساكنة الجزء الأكبر من ساعات ضوء النهار. فالأشنة لا تتحرك ويجب ألا تتحرك حشراتها أيضًا. والحشرات التي تسكن أوراق الشجر هي أيضًا كائنات لها القدرة على البقاء ساكنة لمدد طويلة أو تقوم من آن لآخر بحركات اهتزازية كالأوراق. ولكن ماذا يناسب الحشرات ذات العادات النشيطة أكثر من أن تماثل أنموذجًا يزور المكان نفسه للطعام؟ وقد لا يناسب الحشرة المجنحة أن تتشبه بورقة الشجر أثناء طيرانها، كما لا يناسب آكلات الأشنة المسالمة أن تتنكر في زي الزنبار.

الفصل السادس

تغيير اللون في الحبار والجمبريات وما يماثلها

إن سرطانات البحر وبراغيث البحر والجمبريات هي أول ما تحضر الذهن عن ذكر حيوانات شاطئ البحر. وتفي سرطانات البحر نفس أغراض الهواية التي يزاولها الأولاد في صيد أسماك المينو الصغيرة وأفراخ الضفادع في مستنقع أو مجرى ماء. كما أن صيد براغيث البحر هواية مرغوب فيها في كل العصور.

وتدخل كل هذه الحيوانات تحت قسم القشريات الذي يضم مجموعة طبيعية من أصناف وأعداد لا تحصى. ويفرز الجلد الحي في القشريات غطاء وقائيًا من مادة شفافة ثابتة تعرف بالكيتين. ويكسو هذا الغطاء سطح الجلد كله وكذلك العيون، وبه توصيلات ومفاصل تسمح للحيوان بالحركة المطلقة، ويخلع الهيكل الخارجي من الكيتين الذي لا لزوم له من آن لآخر. والحيوان "يغير ثوبه"، ويحدث نمو سريع في جسمه قبل أن يتجمد الغطاء الجديد. ويبقى الكيتين شفافًا في براغيث البحر والجمبريات وسرطانات الشاطئ الدقيقة وفي جموع من القشريات الصغيرة التي يجرفها التيار وتسبح في البحر، وتظهر ألوانها وأشكالها خلال الكيتين الشفاف كالصورة التي تظهر خلال الإطار الذي هي فيه. وفي قشريات أخرى خصوصًا الأنواع الكبيرة بطيئة الحركة كالسرطانات وجراد البحر البالغ

يزداد تشبع الكيتين بأملاح الجير وهي صغيرة في كل مرة يحدث فيها تغيير الثوب حتى تتكون الصدفة المشهورة، ومن الطبيعي لا يمكن مشاهدة تغيير اللون إلا في أنواع لها هيكل خارجي شفاف.

السرطانات الناسكة

شاهد أحد الكتاب أبسط وأهم مثل في تغيير اللون في معمل بليموث حيث صيد من ماء متوسط العمق نوعان كبيران من السرطانات الناسكة (يوباجيورس برنهاردس، ويوباجيورس بردكسي) التي تشاهد دائمًا في مربى الأسماك.

والسرطانات الناسكة معروفة بعادتها في أن تعيش داخل أصداف البحر الفارغة، وستكون لديك فكرة ما عن السرطان الناسك إذا تخيلت جرادة بحر دقيقة بدون صدفة على الجزء الخلفي من جسمها، وهذا الجزء ملتو حول نفسه مثل نهاية ذيل البوق، ويتدحرج السرطان الناسك حاملاً مسكنه الصدفي فوق ظهره أو كما هي العادة يستريح على باب هذا المسكن في انتظار غذاء يأتي في متناوله. ولا بد أن يكون السرطان حذرًا من الأسماك التي تتشوق لتنهش أي جزء ظاهر من جسمه، وأي حركة سريعة تجعله يتسرب داخل الصدفة من غير أن يتحرك أي جزء مرئي منه سوى مخالب صلبة مطوية بدقة مكونة نوعًا من الغطاء في منتصف الصدفة. ويحتمي كل من نوعي السرطانات التي سبق ذكرهما من الهجوم

عليه لحد ما بواقع الأمر إذ أن كلاً منهما يحمل على صدفته أحد زهور البحر الكبيرة، وزهور البحر تلسع.

والسرطانات الناسكة الدقيقة التي تستوطن المستنقعات الصخرية أو التي يمكن أن توجد غالبًا في أي نوع من صدف البوق الفارغ ليست لها زهور بحر مرافقة، ولكي ترى واحدًا منها انتظر في هدوء بجانب مستنقع ضحل حتى تلاحظ صدفة قوقع تتحرك بسرعة غير طبيعية، فإذا التقطتها سترى بالكاد مخالب السرطان حول انحناء الصدفة. وإذا وضعت الصدفة في المستنقع وفتحتها إلى أعلى يبرز السرطان في الحال ويصلح نفسه ويتحرك بعيدًا.

وأثبت السرطان الناسك وزهور البحر المبرنسة على صدفته (يوباجيورس بردكسي) أنه أنسب حيوان لمشاهدات تغيير اللون، فلو ترك دون إزعاج في وعاء ضحل به ماء بحر فإنه يخرج من صدفته ويعرض الجزء الأمامي من جسمه، كما يسمح بلمحة من طرفه الخلفي وتبقى الأرجل والمخالب وطرف الرأس مغطاة بالصدفة الصلبة، وفيما عدا ذلك يكون الكيتين شفافًا بدرجة كافية لرؤية ألوان الجلد خصوصًا على الذيل والبطن الناعمين المختفيين.

ويصير لون السرطانات الناسكة قرنفليًا ورديًا لامعًا عندما توضع في إناء مدهون من الداخل بلون أسود داكن، وتأخذ في الغناء الأبيض لونًا أزرق رماديًا باهتًا، ومع ذلك يتوقف ظل اللون القرنفلي أو الأبهت على

كمية الضوء الموجودة. ولون الحيوانات الموضوعة في الإناء الأسود قرمزي باهت في الضوء المعتم وقرمزي براق في الضوء اللامع، وتصير كلها باهتة في الليل بصرف النظر عن السطح الذي توجد فيه. والنتائج على ذلك مفصلة في الجدول صفحة (١٣٦).

وتنتشر على جلد السرطان الناسك خلايا صبغية أو حاملات لون محتوية على صبغ أحمر من نوع الكرتين، وإذا انقبض الصبغ في وسط حاملة اللون يظهر كذرة يصعب على العين رؤيتها غالبًا بدون مساعدة، وإذا انتشر الصبغ كله في فروع حاملة اللون المتشععة أمكن رؤية بقعة حمراء معينة، ومن هذا يكون اللون الباهت أو اللون الوردي للجلد. وتوجد حاملات لون أخرى قليلة تحتوي على صبغ غير شفاف ذي لون أبيض أو أصفر، وهذه لا تساعد في تأثير اللون العام إلا قليلاً ولا تدخل ضمن ما يتبع ذلك من تأثيرات، وهذا الصبغ كيماويًا عبارة عن حمض أميني.

ويحدث تغيير اللون في الحيوانات القشرية بطريقتين واضحتين ففي إحداهما تستجيب حاملات اللون للضوء مباشرة، ويعمل الضوء على تمددها، وتتناسب كمية التمدد على وجه التقريب بقوة الضوء وتنقبض في عدم وجود الضوء، ويعرف هذا المسلك لكونه تصوريًا من نوع بسيط وأساسي باسم الاستجابة الابتدائية أو التأثير الابتدائي. أما الطريقة الأخرى التي يحدث فيها تغيير اللون هي أقل مباشرة وتعرف بالاستجابة الثانوية، وعندما يسقط الضوء على عيون الحيوان يمر مؤثر إلى الجهاز

العصبي ويسبب إطلاق مواد كيماوية أو هرمونات في الدم وتتمدد حاملات اللون أو تنقبض تبعًا للمؤثر والهرمونات التي يطلقها.

طبيعة استجابة اللون

		بيئة السرطانات	حاملات اللون في الرأس	تأثير اللون المنظور	حاملات اللون في الذيل	تأثير اللون المنظور
طبيعة المؤثر	تأثير ثانوي تأثير ابتدائي	سطح أسود ضوء لامع	تمدد تمدد	قرمزي لامع قرمزي باهت	تمدد خفيف انقباض	نهاية كبرى للأصفر غالبًا
	تأثير ثانوي تأثير ابتدائي	سطح أسود ضوء خافت	تمدد انقباض خفيف	قرمزي باهت	"	"
	تأثير ثانوي تأثير ابتدائي	سطح أبيض ضوء لامع	انقباض تمدد خفيف	قرمزي باهت جدًا	انقباض انقباض	نهاية كبرى للاصفرار
	تأثير ثانوي تأثير ابتدائي	سطح أبيض ضوء خافت	انقباض انقباض	رمادي أزرق باهت	"	"
		ظلام	"	نهاية كبرى للاصفرار	"	"

ملاحظة – من المناسب أن نشير إلى تمدد انقباض حاملات اللون، ولكن في الحيوانات القشرية لا يتحرك نفس حامل اللون، فهو محاط بغشاء

نضاح مرن لا يتغير شكله ولكن تحدث في داخله هجرة حبيبات الصبغ بواسطة الجريان البروتوبلازمي، ويتأثر معدل الهجرة بواسطة الضغط الرشحي (الأزموزي) في داخل حامل اللون، وقد تعمل الهرمونات بواسطة تغيير النضج في غشاء حامل اللون.

ولا تستقبل خلايا الصبغ أو العيون في السرطانات الناسكة مؤثر الضوء العادي عندما تكون في الظلام وتنقبض حاملات اللون ويظهر الحيوان باهتًا، وتنتبه العيون بطريقة خاصة إذا كانت الحيوانات على سطح داكن في النهار، أي من النوع الذي يمتص أشعة الضوء، وينطلق هرمون يسبب تمدد حاملات الصبغ ويصير لون الحيوان داكنًا، وسيطلق على هذا الهرمون توافقيًا "ب" أي الهرمون الذي يطلق استجابة للسطح الأسود (تسمية هجبن).

وإذا كانت الحيوانات في ضوء النهار على سطح باهت أي سطح ذي ضوء مبعثر تنتبه العيون بطريقة مختلفة وينطلق هرمون ثان، وهذا هو هرمون "و" أي الهرمون الذي يطلق استجابة للسطح الأبيض. والسطوح السوداء والبيضاء التي تستعمل في تجارب المعمل هي حالات نهائية للسطوح الباهتة والداكنة التي تحتاج إليها الحيوانات لتنظم أنفسها تحت ظروف طبيعية.

إن لون السرطانات الناسكة الوردي على سطح أسود ولونها الباهت على سطح أبيض هما غالبًا تأثيران ثانويان، ولكننا نرى أن صفة اللون

الباهت أو اللون الوردي تتغير تبعًا لشدة الضوء وهذا على ما يظهر ناشئ عن تأثيرات ابتدائية وثانوية تعمل سويًا أحيانًا أو متضادة أحيانًا أخرى. هذا كاف من جهة تغيير اللون في الجزء الأمامي من جسم السرطان الناسك، ولكن ما هي حالة الذيل وهو منثن داخل الصدفة ولا يستقبل عند طرفه أو حتى عن قرب من مدخل الصدفة أي ضوء؟ فلربما تكون حاملات اللون غير موجودة أو ضعيفة من عدم الاستعمال، وحقيقة الأمر أنها حسنة التكوين وحساسة للغاية ومسلكها يعطي دليلاً إضافيًا مهمًا كما لمسلك حاملات اللون في الجزء الأمامي من الجسم.

وعندما يستريح السرطان الناسك في وضعه الطبيعي ورأسه وجسمه (الرأس صدري) خارج الصدفة وذيله (البطن) داخلها، فهذا يعني أن الرأس في الضوء والذيل في نصف ظلام أو في ظلام تام. فلا بد والحالة هذه أن يرى التأثير الابتدائي للضوء واضحًا وتكون الحالة كالآتي: ضع سرطانًا ناسكًا في إناء أسود تحت ضوء شديد وبذلك يصير طرف الرأس قرمزيًا لامعًا، فإذا نزعته من صدفته بسرعة تشاهد أن الذيل باهت تمامًا، ولكن عندما ترقبه فإنه ينبع بلون وردي لطيف ويكون في غضون عشر دقائق قرمزيًا كلون الرأس، ويسبب كل من الضوء ومؤثر الهرمون تمدد حاملات اللون في الذيل. فحينما كان الذيل في الظلام استقبل هرمون "ب" مع بقية الجسم، ولكن لم يكن هذا الهرمون بقوة كافية ليتبارى بنجاح مع تأثير الضوء الابتدائي (عدم وجود الضوء حقيقة) الذي كان سائدًا، وأرغم حاملات اللون لتبقى منقبضة.

ولنأخذ مثلاً آخر: إذا كانت السرطانات على سطح أبيض في ضوء خافت تجد أن كلاً من حاملات اللون المكشوفة والمختفية انقبضت، وهذا ناشئ أصلاً عن تأثير ثانوي مع تأثير ابتدائي معاون له. فإذا تحركت السرطانات بعد ذلك إلى ضوء لامع فإن التأثير الابتدائي يسبب تمددًا جزئيًا لحاملات اللون المكشوفة، بينما تبقى الحاملات المختفية منقبضة.

وعلى ذلك يمكن الاستنتاج بأنه فيما يختص بالجزء الأمامي للسرطان الناسك يستطيع تأثير الضوء المباشر أن يحسن ملاءمة السطح التي حدثت خلال العيون أو قد ينقصها ولكن بدرجة لا تكفي لإتلاف قيمتها. أما بخصوص طرف الذيل في السرطان فإن تأثير الضوء المباشر يتعالى على استجابة السطح التي تسببها الهرمونات، ولكن بما أن الذيل مختف فلا يكون لذلك أي اختلاف لتناسق السطح للحيوان. ويبدو من المعقول الظن بأن حاملات اللون المختفية تكون أكثر حساسية للضوء من حاملات اللون المكشوفة.

السرطانات بدون أصداف

إذا نزعت السرطانات الناسكة من صدفاتها فبعد يوم أو بعض يوم تحدث الملاءمة للسطح بدرجة واحدة فوق الجسم كله، وليست عملية نزع السرطان أمرًا هينًا، فالحيوان يتعلق بشدة داخل صدفته بواسطة ماسكات على الأرجل الدقيقة في طرف ذيله، وجذب الحيوان يتلفه دون ان يخرجه، ويجب أن تفتح الصدفة بعناية وحذر بآلة قوية كجفت العظم مثلاً، ولا

يمكن عمليًا كسر الصدفة بسرعة كافية للتأكد من مشاهدة حالة خلايا الصبغ قبل أن يؤثر الضوء عليها. ولهذا جهزت صدفات صناعية يمكن نزع الحيوان منها في ثوان قليلة وهي عبارة عن أنابيب زجاجية واسعة الفم من وزن خفيف جدًا ومحاطة بأكياس من طبقات المطاط السميك وتثبت في مكانها على الحيوان بواسطة طوق سهل الفصل، كما تستطيع السرطانات أن تتحرك بهذه الصدفات بسهولة.

وثمة حيوانات قشرية أخرى مختلفة – مثل بعض أنواع جراد البحر المقرفص (جلاتيا) – تشبه السرطان الناسك الكبير في أن لها جهازًا بسيطًا لحاملات اللون بأصباغ حمراء وصفراء، ويختلف لونها من قرمزي باهت على سطح باهت إلى أحمر خفيف على سطح داكن وتصير كلها في الليل باهتة ونصف شفافة.

تغيير اللون في الجمبري

إن كل حامل لون في السرطان الناسك يحتوي على صبغ واحد فقط، وهذا حقيقي بالنسبة إلى بعض خلايا الصبغ المتناثرة في الجمبري، ولكن أغلب الخلايا وهي المسئولة عن تأثيرات اختلاف اللون العظيمة تحتوي على صبغين اثنين، وتوجد في براغيث البحر ثلاثة أو أربعة أصباغ معًا. والجمبري له حاملات لون أصفر صغيرة متناثرة على سطح جسمه عمومًا وحاملات لون أحمر أخرى صغيرة على صفائح ذيله أو الطرف البطني وبه حاملات لون كبيرة محتوية على كل من الصبغين الأحمر

والأصفر منتظمة في شرائط وتجمعات على مواضع مختلفة على الجسم وتصنع نسقًا محدودًا، وتوجد هنا وهناك في مواضع متناسقة حاملات لون كبيرة أخرى محتوية على أصباغ بيضاء أو صفراء معتمة مع نقطة مركزية من صبغ أحمر، وسيشار إليها كحاملات لون أبيض (صورة ١١ – ١٢).

والجمبري الحي شيء جميل حقًا إذا فحص عن قرب، وتظهر عضلاته التي تكون الكثير من الجسم خلال غطاء الكيتين الشفاف الذي يشبه زجاجًا خفيف العتمة، وعلى هذا السطح توجد الصفوف والنقط من خلايا الصبغ الملونة في الجلد الشفاف. ولا يمكن رؤية الجمبريات الموجودة في مستنقع رملي أو في ضوء ما لم تتحرك لأن نسق ألوانها يكون متقنًا مع الرمال الممتدة حولها. وتبين عدسة يدوية قوية أن حاملات اللون الكبيرة في أنموذج الشرائط لها صبغ أحمر متركز في ذرات من لون، ولكن صبغها الأصفر وصبغ حاملات اللون الأصفر الموجودة على السطح العام تنتشر على اتساع مناسب، وينتشر الصبغ في حاملات اللون الأبيض تمامًا ويصنع كل منها نقطة بيضاء واضحة. وحينئذ فالجمبري له نقط بيضاء وصفراء باهتة على جسمه نصف الشفاف مع آثار من اللون الأسود تعاونت فيه العيون والصبغ الداكن الذي يبين طريق امتداد الحبل العصبي، ويتم التأثير للانغماس مع الرمل الباهت الأرقط تمامًا.

ومع ذلك إذا وضعنا شبكة خلال مجموعتا كثيفة من الحشائش المائية الداكنة مدلاة من صخور سائبة في الماء أو في مستنقع صخري مغطى ببساط من الحشائش فالجمبريات التي تجمع منها تعرض شرائط لامعة على

أرجلها وجسمها ولونًا أحمر عام، وتظهر كلها أكثر صلابة وتلوينًا من الجمبريات التي تجمع من الأراضي الرملية، وتنتشر الأصباغ الحمراء والصفراء جيدًا وتكون حاملات اللون الأبيض أقل وضوحًا. (صورة ١٠).

وإذا وضع بعض هذه الجمبريات الداكنة في إناء كبير أبيض وبقاعه رمل وروقبت يظهر تغيير تمثيلي كامل. فتبدأ بقعة زرقاء رائقة بأن تحيط بكل خلية صبغ محتوية على لون أحمر، وفي حدود هذه البقعة الزرقاء تقصر التفرعات الحمراء وتغلظ حتى تتجمع كلها في عقدة مركزية وينسحب الصبغ الأصفر أيضًا ولكن ليس بدرجة كاملة كالصبغ الأحمر، وتصير حاملات اللون الأبيض واضحة وينتشر الأزرق تدريجيًا أكثر فأكثر وتتلاشى في مدة تتراوح من ساعة ونصف إلى ساعتين، ويكون الجمبري الآن متناسقًا مع سطحه الرملي. وطبيعة هذا الصبغ الأزرق المؤقت الذي يصاحب انقباض (وتمدد بدرجة أقل) حاملات اللون الأحمر ووظيفته غير مفهومتين تمامًا حتى الآن.

وتبدأ ملاءمة الجمبري إذا نقل من سطح داكن إلى سطح باهت بسرعة فائقة ويكون الصبغ الأزرق واضحًا في حدود دقيقة إلى دقيقتين، ويأخذ الانقباض الأساسي في الأصباغ الحمراء والصفراء مدة تتراوح من اثنتي عشرة دقيقة إلى خمس عشرة دقيقة. ويبدو أن التأثير يتم في ثلاثين إلى أربعين دقيقة بعد عملية نقل الجمبري، ومع ذلك يتأخر التعادل التام مع السطح حتى اليوم التالي عادة. والنقل العكسي للجمبري من سطح باهت إلى سطح داكن يبدأ أكثر بطئًا ويأخذ وقتًا أطول لكي يتم، وتمر

ثلاث أو أربع دقائق قبل أن تبدي الأصباغ أي علامة للتحرك. ويأخذ التمدد الأساسي في الأصباغ الحمراء والصفراء حوالي عشرين دقيقة، وتتم الملاءمة المتقنة في مدة تتراوح من أربعين إلى ستين دقيقة، وتتم تفاصيل الضبط النهائي في غضون اليوم التالي. ويظن الشخص لأول وهلة أن ضبط السطح يتم في ساعة واحدة، ولكن إذا وضعت مجموعة من مثل هذه الجمبريات في إناء أسود كانت به جمبريات أخرى قبل ذلك بثمان وأربعين ساعة أمكن تمييز المجموعتين بنظرة واحدة.

وتنتج غالبًا عمليات الضبط لحالات السطح في الجمبري من مؤثرات على العين وتكون حينئذ من طبيعة الاستجابة الثانوية، وتكون الاستجابة الابتدائية للضوء قوية أيضًا كما هي في السرطان الناسك تمامًا. ولا تستطيع الجمبريات الموضوعة في إناء باهت أن تعيش بدون لون كلية إذا كانت في ضوء ساطع. ولكن إذا ثقل الإناء في الظل فإنها تتمم ملاءمتها. والتأثير الابتدائي له أهميته لأنه إذا تمت المشاهدات على تغيير اللون في ضوء النهار فيجب في نفس الوقت عمل تسجيل لشدة الضوء التي تكون متغيرة جدًا عما يتصور الإنسان بواسطة خلية كهربائية ضوئية، ويكون العكس إذا تم العمل في حجرة مظلمة في وجود مصدر ضوء صناعي لا يتغير.

وتظهر الاستجابة الابتدائية للضوء تحت هذه الظروف، والجمبريات التي تتلاءم مع سطح أبيض في الضوء ثم تنقل إلى ظلام تبقى باهتة. والآن إذا نقلت في الضوء وهي في الإناء الأبيض تجمع الأصباغ في التمدد

بسرعة حتى تكون الجمبريات قرمزية تمامًا، على أنها تبهت ثانية في الحال وتتمم التناسق للسطح. ويسبب الضوء تمددًا سريعًا لجميع الأصباغ ولا تستطيع الأصباغ الحمراء والصفراء أن تنقبض حتى إذا انطلق هرمون السطح الباهت وبكمية كافية في الدورة الدموية (نتيجة للاستجابة الثانوية خلال العيون) وبذلك يتغلب تأثير الضوء.

ويمكن القيام بعملية ضبط مفيدة على مدى تأثير الضوء الابتدائي، وذلك بواسطة حجب عيون الحيوانات. فتدهن العيون بمخلوط متيبس من هبوب المصباح والكلودين الذي يكون في التو غطاء لا ينفذ الضوء منه ولا يضر العيون، ويمكن إزالته بسهولة، وتعرض الحيوانات أيضًا بعد تغطية عيونها انتشارًا أو تجمعًا قليلاً للأصباغ تبعًا لشدة الضوء الذي تستقبله. ويجب أن يذكر أن حاملات اللون الأبيض في نوع من الجمبري (لياندر سراتس) يكون أغلبها خاليًا من ضابط الهرمون إن لم يكن جميعها ولكنها حساسة جدًا للضوء. ومن المحتمل أن تكون حاملات اللون الأبيض في جمبري المياه الآسنة (بليومنيتس فريانز) خاضعة لسيطرة هرمون ولكن من مصدر مختلف عن سيطرة الهرمونات التي تنظم حاملات اللون الأحمر والأصفر.

وبرهنت حالة اللون في الحيوانات أثناء الظلام على أنها غالبًا محيرة بعض الشيء؛ فمعظم الحيوانات التي تكون حاملات اللون فيها خاضعة لسيطرة من الهرمونات تتخذ حالة وسطًا من لون باهت نوعًا في الظلام. وهناك حالة مختلفة تمامًا تعرضها الجمبريات التي صارت ملائمة لسطح

معتم في ضوء النهار، وتبقى على هذا السطح عندما يبدأ الظلام، وتصير في الظلام أشد احمرارًا وتعمل على تمدد الصبغ الأحمر الذي لا يرى مطلقًا وقت النهار. ويبدو أن الظلام يهيئ مؤثرًا له صفة فريدة ويظهر أن هذه الحالة نشأت عن الحقيقة بأن الحيوانات التي تتلاءم مع سطح أبيض في الضوء تأخذ أحيانًا لونًا أحمر جزئيًا أو كليًا إذا جن الظلام عليها فجأة.

والعمل الذي يقوم به الظلام كمؤثر موضوع يستحق كل استحسان، وقد ذكر فيما سبق أن الحيوانات التي بها حاملات لون خاضعة لسيطرة هرمونية تمر في طور باهت أثناء الظلام وهذه حالة وسط في مسلكها تقريبًا. ويهيئ الظلام دون شك حالة أو مؤثرًا مختلفًا تمامًا عما يشاهد أثناء حالات ضوء النهار، ويظهر أن هذا حقيقي في الإنسان. ويقرر الأستاذ ف. ألن الذي قام بأبحاث واسعة عن إبصار اللون في عن الإنسان أنه حين تتأثر شبكية عين واحدة بضوء من لون طيفي صاف (كالأحمر مثلاً) فوق شدة خاصة تتحسن حينئذ حساسية العين الأخرى لإحساسات اللون الأحمر والأخضر والبنفسجي وخصوصًا لما يكون منها مكملاً للون التأثيري. ولكن إذا نزل مؤثر الضوء تحت شدة خاصة تقدر بحوالي ٠,٢٥ متر شمعة للضوء الأبيض يكون التأثير على الشبكية في هذه الحالة مضادًا في مسلكه، فهو يوقف أو يخمد الحساسية لإحساسات اللون الثلاثة جميعها، وبذلك تصير صعوبة الإبصار في الضوء المعتم مزدوجة: جزئيًا لأن الضوء يكون ضعيفًا، وجزئيًا لأن الضوء المعتم يقلل من حساسية الشبكية، ويضيف أنه في حالات مرضية خاصة تستريح العيون من

الإجهاد نوعًا في الضوء المعتم عنه في الظلام، وهذا ما يستعمل دائمًا طبيًا في حجرة المريض بواسطة الممرضات والأطباء.

وصادف جميعنا دون شك تأثير نور الغسق المريح المناسب على العيون، والظلام مختلف جدًا؛ فتحاول العيون أن تسبر غوره ويبدو الظلام مخيمًا عليها. وإذا أغلقنا عيوننا وحجبنا الظلام عنها يزول هذا الشعور البسيط بالإجهاد. وقد يكون لمثل هذه الأشعة التي توجد في الظلام تأثير قوي، وتكون العيون على الأخص حساسة لها لكونها المؤثر الوحيد الموجود. وحقيقة ما كتب عن إبصار اللون بواسطة الأستاذ ألن لا تمنع مقارنة عين الإنسان بعيون الحيوانات المختلفة، ولا شك في أن براغيث البحر والجمبريات لها حاسة لون.

ضبط تغيير اللون بواسطة الهرمونات

اكتشف بركنز الهرمون الذي يقبض حاملات اللون أثناء الأبحاث التي أجراها على جمبري الماء الآسن (باليومنيتس) في أمريكا. وليس هناك ما يحقق كيفية حدوث تغيير اللون، ولو أن أطوار هذا التغيير درست جميعها من قبل بواسطة باحثين مختلفين. وكانت الفكرة السائدة أن حاملات اللون يسيطر عليها الجهاز العصبي، ومع أن تأثير الهرمونات في الحيوانات الفقارية كان معروفًا جيدًا فوجودها في الحيوانات الدنيئة بدئ فقط في اكتشافه.

ولم يستطع بركنز أن يجد دليلاً على أن حاملات اللون في الجمبري خاضعة لسيطرة عصبية ولكنه وجد دليلاً واضحًا على أنه يسيطر عليها شيء ما يجري في الدم. فاخترع طريقة منظمة لوقف الدورة الدموية عن طرف الذيل في الجمبري وإطلاقها ثانية حسب إرادته من غير أن يصيب الحيوان بأي أذى. فأخذ واحدة من الجمبريات وحاملات اللون فيها متمددة وأوقف الشريان الرئيسي إلى الذيل، ثم وضع الجمبري على سطح أبيض، فوجد أن حاملات اللون في الجزء الأمامي من الجسم منقبضة، ولكن حاملات اللون فيما وراء الشريان المغلق بقيت متمددة، وعندما أطلق الشريان انقبضت حاملات اللون الموجودة في طرف الذيل أيضًا. ويبدو أن هرمونًا جهز في الجزء الأمامي من الجسم ووزع في كل مكان بواسطة الدورة الدموية. وحدد بركنز موضع الغدة التي تجهز هذا الهرمون في سويقة العين ولم يتمكن من اكتشاف الهرمون الذي سبب تمدد حاملات اللون.

وكان كلر في ألمانيا يعمل في نفس الوقت على سيطرة تغيير اللون في أحد أنواع براغيث البحر (كرانجن)، فبحث عن المسيطر وحدد موضع الغدة المسئولة عن تجهيز الهرمون الذي يسبب تمدد حاملات اللون. وتوجد الغدة التي تجهز هذا الهرمون في براغيث البحر والجمبريات عند قاعدة الشوكة البارزة من طرف الرأس تمامًا وتعرف بالغدة الخطمية. ومن السهل الحصول عليها وإثبات وجود الهرمون "و" القابض والعمل الذي يقوم به، ولا يمكن قول مثل هذا عن هرمون "ب" الذي يسبب التمدد. وقد تعطي الغدة الخطمية أحيانًا مادة تسبب دون أن تخطئ مقاومة للسطح

الداكن وقد لا تأتي بأية نتيجة مطلقًا في أغلب الأحيان. ويبدو أن القصة لم تستكمل حلقاتها بعد.

وطرق الأستاذ هجبن ومساعدوه هذا الموضوع ثانية بطريقة وجدت ناجحة للغاية في حالة الفقاريات، وتقوم هذه الطريقة على أساس وضع رسم بياني للوقت في أطوار تغيير اللون المختلفة. وأجرى هـ. ج. اسميث هذه الطريقة على الليجيا وأثبت أن هناك هرمونين لهما أهميتهما في تغيير اللون في هذا الحيوان (صورة ٩) وطريقة تفسير افتراض الهرمونين لهذا الحيوان مبينة في (ملحق ٣).

كيف تنظم العيون إنتاج الهرمون ؟

إن دراسة العيون في حيوان الليجيا تبين بوضوح كيف أن المؤثرات المختلفة للضوء المباشر والمنعكس تستدعي الهرمونات التي تحقق استجابة اللون الصحيحة، وعرف فيما سبق أن وحدات العين أو العوينات في بعض الحيوانات ذوات العيون المركبة ليست جميعها متشابهة من خصوص طريقتها في استقبال الإشعاعات مما ساعد على إضافة دليل آخر.

وليست العيون في الليجيا ذات سويقات كما هي الحال أيضًا في السرطانات والجمبريات ولكنها موضوعة على جانبي الرأس، وزيادة في الإيضاح فهي تشبه أنصاف حبوب الفاصوليا، وكل نصف موضوع على أحد جانبي الرأس وسطحه المستدير إلى الخارج. وأيدت التجارب التي لا يتسع المقام لوصفها هنا أن كل عين تحتوي على منطقتين، ولكل منطقة

وظيفة مختلفة عن الأخرى، منطقة علوية "د" وتستقبل ضوءًا يسقط عليها مباشرة من أعلى ومنطقة سفلية جانبية "ل ف" وتستقبل ضوءًا يسقط عليها من الجوانب ومن أسفل. وتتأثر المنطقة العلوية "د" بالضوء على سطح أسود، ولكن المنطقة السفلية الجانبية "ل ف" لا تستقبل أي مؤثر ضوئي لأن الضوء في هذه الحالة الأخيرة يمتصه السطح الأسود. وتتأثر المنطقة العلوية "د" بالضوء المباشر على سطح أبيض، وفي نفس الوقت تستقبل المنطقة "ل ف" ضوءًا متناثرًا بواسطة السطح الباهت، ويمكن حدوث حالات متنوعة كثيرة على هذا النمط ولكن النتيجة الفسيولوجية هي كالآتي: عندما تتأثر المنطقة "د" يوجد إنتاج من الهرمون "ب" وعندما تتأثر "ل ف" أو "ل" أو "ف" فقط يوجد إنتاج من الهرمون "و"، ونستطيع الآن أن تصل إلى رأي أكثر وضوحًا عن آلية الهرمون لأي طور من أطوار تغيير اللون.

فلنعتبر أن الحيوانات الباهتة تنقل إلى الظلام، فعندما تكون على سطح أبيض تتأثر جميع وحدات العين وينطلق كل من هرمون "ب" وهرمون "و" ولكن يكون الهرمون "و" بكمية زائدة تحجب الهرمون "ب"، وعندما يوضع الحيوان في الظلام تستقبل جميع أجزاء العين مؤثرًا جديدًا ويبدأ انطلاق كل من هرمون "ب" وهرمون "و" في النقصان ويتوصل إلى ضبط متبادل في الحالة التي سبق اعتبارها.

وتأيدت آلية الهرمونين لبراغيث البحر الآن منذ تاريخ ظهور أبحاث كلر، ويوجد كل احتمال على أن هذه الطريقة يمكن تطبيقها أيضًا في حالة الجمبريات، والجزء الأسفل من العين هو المسئول عن ملاءمة السطح فيها.

تغيير اللون في السرطانات الشاطئية الصغيرة

إن المستنقعات الصخرية الضحلة والأجزاء العليا من الشاطئ هي مربى السرطانات الشاطئية الصغيرة، وتعرض هذه الكائنات التي يبلغ عرضها ٢ إلى ٤ سنتيمترات اختلافات كثيرة في اللون والشكل، وقد تكون ذات لون رملي أو أخضر باهت أو مرقطة كالقطة الرقطاء، وتعرض كلها تغييرات اللون العادية استجابة للسطح والظلام، ولكن يعرض النوع الباهت والنوع الأرقط تغييرات أكثر وضوحًا.

ويمكن مشاهدة حاملات اللون على أرجل هذه الحيوانات بسهولة جدًا، لأن الكيتين فوقها شفاف للغاية. وتوجد مجموعات من حاملات الملنين ومعها بقع من حاملات اللون الأبيض ويظهر على الجسم صبغ أحمر مع ملنين في نفس حاملة اللون ويكون اللون الأبيض غزيرًا خصوصًا في مناطق الخياشيم.

وتعرض هذه الأفراد صغيرة السن ملاءمتها للسطح في حدود ثلاثين دقيقة وتزول منها هذه المقدرة تدريجيًا عندما تكبر، حتى إذا بلغ عرضها بوصة ونصف بوصة تحتاج إلى يوم أو يومين لإتمام الملاءمة. ولا تعرض السرطانات ذات الصبغ الداكن أي تغيير بالمرة، ولو أنه يمكن ملاحظة

هذا أيضًا في السرطانات الكبيرة ذات اللون الأخضر الأصفر الباهت. وما الحالة العادية في السرطانات المسنة إلا لكي تكون حاملات اللون كلها متمددة على الدوام.

وبينت التجارب أن السرطانات المسنة تنتج كمية كبيرة من هرمون "ب" وقليلاً إن كان هناك شيء من هرمون "و"، وتكون لهذا الهرمون الأخير غالبًا علاقة حقيقية يترسب الكلسيوم أو الجير في صدفة براغيث البحر وما على شاكلتها. ومن المرجح أن تكون قلة الهرمون "و" أو عدم وجوده مرتبطة بالترسيب الثقيل للكلسيوم في الصدفة السميكة.

ومما يثير الاهتمام حقًا أن الهرمون "و" يجب أن توجد له وظيفة أخرى بالإضافة إلى عمله في تنظيم تغيير اللون. وربما سيوجد أن الهرمون "ب" له بعض الخواص الفسيولوجية الأخرى، ويبدو أن وجود هرمونين مستديمين في الجسم بدون أن يكون لهما مغزى فسيولوجي عام بجانب عملهما على حاملات اللون أمر مشكوك فيه، والغدة النخامية التي تحكم تغيير اللون في الفقاريات الدنيئة لها وظائف أخرى متعددة.

جمبري يعسوب أو جمبري حربائي "هبوليت"

إن أطوار اللون في الجمبري الحربائي الدقيق أكثر وضوحًا منها في الجمبري العادي وتظهر تحت ظروف مختلفة نوعًا، وهذا الجمبري الصغير الذي لا يزيد طوله بأي حال عن بوصة واحدة شائع بكثرة لا بأس بها في المستنقعات الصخرية، ولكن بالنسبة إلى صعوبة رؤيته لا يكتشف إلا

نادرًا، وهذا راجع جزئيًا إلى أنه يتناسق بدقة مع طحالب البحر التي يعيش عليها، وجزئيًا لأنه يتعلق بالحشائش أثناء ساعات ضوء النهار من غير أن يتحرك، وأحسن طريقة للعثور عليه هي بتمرير شبكة عدة مرات بين تجمعات الطحالب في المستنقعات وأن تنقل محتوياتها في وعاء مسطح، وتتساقط هذه الحيوانات أحيانًا إذا اهتزت مجموعة من الطحالب بشدة فوق وعاء به ماء البحر.

ويكون لون الجمبري الحربائي أخضر عندما يستريح فوق الطحالب الخضراء، ويأخذ ثانية لون الوسط الذي يحيط به تمامًا على الظلال المختلفة للطحالب السمراء والحمراء. ولكن إذا فرض أن هذا الكائن سقط من مكانه وحمل بعيدًا – وهو سباح ضعيف – وقد لا يستطيع أن يجد طحلبًا باللون الصحيح الذي يتمكن من الاختباء فيه، لذلك يتخذ الحيوان لنفسه لون مسكنه الجديد بكل ما يمكنه من سرعة، وتتم هذه العملية خلال أسبوع واحد، وتكون هذه الجمبريات عادة بلون واحد على الجسم كله. ويعمل الحجم والشكل الوضع على إظهارها كفرع الطحلب الذي تتعلق به تمامًا، وهذا مثل للمشابهة الخاصة لشيء معين بخلاف المشابهة العامة التي يعرضها الجمبري العادي بدرجة كبيرة من تأثير السطح.

ويدبر الجمبري الحربائي جميع تأثيراته اللونية بأصباغ حمراء وصفراء وزرقاء ويعرض اللون الأصفر والأزرق مخفيًا اللون الأحمر عندما يكون على طحلب أخضر، وينتج ألوانًا أخرى بتنظيمات أخرى مناسبة، ويحتوي كل حامل لون على الثلاثة الألوان كلها.

ويقضي الجمبري الحربائي الأسابيع الأولى من حياته مندفعًا في الماء السطحي بعيدًا عن الشاطئ، ويحمل إلى جانب الشاطئ ككائن شفاف دقيق ويستقر على أول طحلب يجده مصادفة، وتظهر حاملات اللون في الحال ويأخذ الحيوان لون مسكنه.

ومع أن هذه الكائنات الصغيرة ساكنة ولها منظر أصم في وقت النهار، فهي تتعرض لتغيير شبيه بالسحر أثناء ساعات الظلام وتصير أجسامها بلون أزرق نصف شفاف لطيف وتندفع هنا وهناك لتتغذى بالطحالب البحرية الرفيعة والحيوانات الحية الدقيقة التي توجد بينها. وإنها لذكرى لا تنسى إذا نقلت مجموعة من هذه الأشباح المائية الدقيقة من غرفة مظلمة إلى دائرة من الضوء ولمدة بضع ثوان للتمتع بمنظرها الفتان، وبعد ذلك –كقصة الشبح الذهبي القديمة التي تحول فيها الشبح فجأة إلى قبضة من أوراق الأشجار الميتة – تصير الحيوانات بلون سنجابي أسمر كئيب أي أن اللون الأزرق يتخلى عن مكانه للظلال الهادئة السابقة.

تغيير اللون في الحبار (سيبيا) وأقاربها

ربما تعرض مثل هذه الكائنات الغريبة كالحبار والإخطبوط والأسكويد وسمك الشيطان (الرخويات – قسم الرأس قدمية) أكثر استعراضات اللون إعجابًا.

ويعيش الأخطبوط مختفيًا في شقوق بين الصخور أو يسبح قريبًا من القاع الصخري، وقد يتدرج لونه من قرمزي كئيب إلى رمادي بشع تشابهًا

بما يحيط به، ويتغذى الأخطبوط أساسيًا بالسرطانات ويظل يرقبها بإمعان وهو قابع في شقه، وعندما يأتي سرطان على مقربة منه يدفع بأذرعه القوية المرصعة بالممصات ويمسك بفريسته. ويعثر على الأخطبوط غالبًا في وعاء صيد السرطان (نوع من الشباك) الذي قد يدخله ليأكل السرطانات التي أسرت فيه.

ويبقى الحبار وهو سباح نشيط قريبًا من قاع البحر، وقد يخفي نفسه في الرمل، وقد يندفع وراء فريسته أو يبقى في مكانه، وله جعبتان تخرج منهما زوجًا من اللوامس الطويلة التي لها تأثيرها على الفريسة.

والأسكويد كائن سريع الحركة وله جسم طويل مستدق الطرف ويعيش عادة في المياه السطحية ويتغذى بالأسماك، وتشاهد جموعه متعقبة أسراب الأسماك، وتعيش في المياه السطحية أيضًا أنواع دقيقة من الحبار لها أجسام بيضاء لؤلؤية.

ولا يقيم اللون في عالم الحيوان أي اعتبار للأشخاص، وتستطيع هذه الكائنات ذات المنظر الغريب بعيونها الكبيرة المستديرة وبمناقيرها التي تشبه مناقير الببغاوات ولوامسها المشئومة أن تقبض على مراقب مفتون باستعراضات ألوانها الاحتيالية الجميلة. وشاهدت مرة حبارًا صغيرًا استحضر للتو في شبكة وكان ملقى على سطح قارب الصيد وظهر الجلد فوقه مثل الألبستر منتشرًا عليه موجات منظومة بلون وردي، وهذه أخذت تذبل ولكن ظهرت نقط من اللون دقيقة وضاءة كاللآلئ بألوان حمراء

وذهبية، ثم اختفت بعد برهة صغيرة، ثم انتهى الاستعراض لأن الحيوان مات.

ويحتفظ بالأسكويد أحيانًا في أحواض مربي الأسماك، وهنا يمكن مراقبة سرب منه وهو يسبح هنا وهناك وعلى جلدها أمواج رفيعة بلون برتقالي ذهبي وبأصباغ حمراء دافئة متألقة تظهر وتختفي كأنها حمرة الخجل، وتعرض سمكة الشيطان منوعات لا نهاية لها من الأصباغ الاحتيالية ولو أنها تختلف في اللون من الرمادي الترابي إلى الأسود فقط.

آلية اللون

كل صبغ سواء كان أحمر أو أصفر أو أسمر أو أسود تحويه كرة صغيرة جدًا يزداد حجمها أو ينقص بواسطة مجموعة مشعة من خيوط عصبية، وكل خيط منها مزود بعصب خاص؛ فمثلاً ترى كرة الصبغ الأسود عندما تكون في أصغر حجم كذرة رمادية فقط، في حين أنها تظهر في أكبر حجم كرأس دبوس صغير أسود، وهي تأخذ ثلثي ثانية لتتغير من حالة إلى أخرى. وعلى ذلك تستطيع سمكة الشيطان أن تتغير من اللون الرمادي الأبهت إلى اللون الأسود بسرعة البرق، ويكون للكرات السوداء تأثيرها غالبًا عندما تكون أشد دكنة، ويسيطر على استعراض اللون جهاز عصبي عالي النشأة يعمل على مؤثرات تستقبل خلال العيون.

الحركة واللون

كل هذه الكائنات النشيطة المفترسة مجهزة بقوى إبصار عظيمة وعيونها حقيقة دقيقة التكوين كعيوننا وهي مسلحة بمناقير وممصات، ولكن أجسامها لينة وصالحة للأكل، وتنتظر الأسماك وغيرها من السباحات القوية أية فرصة للقبض عليها، وتحدث استعراضات اللون عندما تستفز إما بالإزعاج أو المطاردة أو برؤية غذائها الخاص بها وملاحقته. ولا يمكن التعرف على الإخطبوط المتعلق كالخفاش في مشكاته الصخرية بحوض مربي الأسماك في الضوء المتوسط لأن ظلاله الرمادية السمراء تختلط مع الجدران الصخرية، ولكن إذا قرع بشدة على الزجاج الذي أمامه بالضبط تمر فوق جسمه أمواج بلون قرمزي عميق ويبدأ في أن يلوي لوامسه ويرفع جسمه ويخفضه وكأنه شيطان الصخور الأحمر الداكن عن أي شيء آخر في العالم، وقد يصير أيضًا مخضبًا باللون عندما يقع نظره على الطعام بالنسبة إلى الحقيقة بأن لعابه "يبدأ في أن يسيل"، ويصير لون الحبار داكنًا عندما يأكل، إذ حينما تنشط غدده اللعابية ينطلق هرمون كالأدرنالين يؤثر على عقد عصبية لها علاقة بتغيير اللون.

وتنشأ هذه الحمرة "حمرة الخجل" كلية عن أصباغ في الجلد ولا تتسبب عن دم أحمر يندفع على السطح كما في الإنسان، إذ أن دم الحبار لا لون له تقريبًا أو له لون أزرق باهت جدًا.

ويظهر أن استعراضات اللون هذه ليست لها قيمة تذكر للحيوان في الحصول على طعامه، ويبدو لأول وهلة أن تأثيرها قد يكون للإعلان عن موضع الحيوان، ومع ذلك عندما يصيد الحبار سرطانًا فإنه يحتاج إلى القيام بمناورة في وضع مناسب لينقض على فريسته وتمر على جسمه في الوقت نفسه أمواج من اللون تعطي تأثيرًا نموذجيًا قد يستخدم لصرف انتباه السرطان حتى تحين لحظة ضربه. وعندما يأتي دور الحبار ليصاد، فكم تبلغ حيرة الصياد عندما تظهر فريسته بشكل واحد لمدة ثانيتين فقط في مرة واحدة. وعندما ينزعج الحبار تمامًا تظهر على ظهره نقطتان كبيرتان سوداوان تجحظان على سطح أبيض لامع ويتمدد إنسانا العينين السوداوين كما أن الهلال الأسود البادي تحت كل منهما يجعل التأثير أكثر روعة، وتصير أطراف الزعانف في الوقت نفسه محاطة باللون الأسود، ثم يختفي إنسان العين كالبرق وتظهر على طول الظهر خطوط سوداء لتخفق وتختفي فقط. فمن عيون سوداء على سطح أبيض إلى لون أسود عام، كل هذه الاستعراضات تتغير الواحدة بعد الأخرى بسرعة ويجد الصياد نفسه في موقف يفضل فيه الانصراف عن المجازفة بصيد في مثل هذه الكمية الغير معروفة (صورة – ٥).

وتصاحب استعراضات اللون المختلفة الحساسة هذه أية حالة من الإثارة وتعلن عنها مهما تكن قيمتها في بقاء الحيوان أو مساعدته في الحصول على طعامه. ويتوافق الجهاز العصبي حسن النشأة والحواس في هذه الحيوانات مع هذه الإشارات الملونة السطحية لحالاتها الوقتية. وعندما تستريح الحيوانات تكون ألوانها هادئة ولا تجتذب الانتباه، وعندما تستفز

ينتج استعراض مختلف الشدة، ويمكن وضع تفسيرات اختيارية عنه، وربما يكون الاستعراض شكلاً من التغيير الشخصي، ويمكن الظن بأن ليس له تفسير آخر في الأسكويد والحبار الدقيق الذي يعيش في المياه السطحية حيث لا يستخدم كل تعميق في اللون إلا ليجعل صاحبه أكثر ظهورًا للاعتداء أو للفريسة.

ويستطيع الحبار والأسكويد أن يلعبا بورقتهما الرابحة عند الضرورة، إذ يحمل كل منهما معه جعبة مملوءة بصبغ داكن، وتصير المياه المحيطة به سوداء كالحبر في اللحظة التي يفرز فيها هذا الصبغ وبذلك يكون القبض عليه مستحيلاً.

الفصل السابع

الحرباية والضفدعة

الحرباء نوع من العظايا (السحالي) يوجد في أجزاء مختلفة من القارة الإفريقية، وهي تعيش في الأشجار والأحراش ويمكن مشاهدتها أحيانًا على السياج ونباتات الحدائق. ووصف أرسطو (عام ٣٨٤ – ٣٢٢ ق. م) الحرابى وظل السائحون في شمال إفريقيا خلال القرون المتعاقبة يخدعون بهذا الحيوان الغريب المنظر وأطوار ألوانه السريعة، وأصبح مسلك الحرباية مضرب الأمثال واشتهرت أخيرًا بكفايات فوق طاقتها الطبيعية الهامة.

والحرباء لها منظر شاذ (صورة – ٧)، وتبدو رأسها مغطاة بخوذة صلبة ناتئة عند الظهر وربما يكون هذا هو السبب الذي أوعز باسمها الإفرنجي الذي يعني (أسد قزم)* ويجوز أن تكون المشابهة من أجل معرفة الأسد خصوصًا عندما كانت السحلية بلون أسمر نحاسي وتجحظ عينان مستديرتان كبيرتان في محجرين على جانبي الرأس، ولها كسوة قرنية تبدو كأنها درع مصنوع من سلاسل دقيقة تنتهي على الظهر بتأثير نحيل وتقضي الحرباء معظم حياتها متنقلة أو مستريحة بين السيقان والفروع، ولها أقدام غريبة تناسب بدقة مثل هذا النوع الذي ترتكز عليه، والأصابع منقسمة

* Ehamaleon – Dwarflio.

إلى مجموعتين، وعلى ذلك فالحيوان له نوع من القدم المشقوقة التي تقبض على الساق كقصاج (زردية) مرن ويلتف ذيلها الطويل المستدق الطرف حول غصن على هيئة مرساة فعالة.

وتقضي الحرباء أغلب وقتها دون حركة ويحتوي طعامها الأساسي على الحشرات التي تلتهمها غالبًا بغتة بحالة مفزعة، ولا ينم اللون أو الحركة عن الحرباء وعندما تأتي حشرة على بعد بوصات قليلة منها ينطلق لسان رفيع طويل له طرف منبسط لزج وتقع الحشرة في الفخ وحينما تتحرك الحرباء فإنها تفعل ذلك ببطء ورزانة، فتضع قدمًا وترفع أخرى كمنظر سينمائي يتشكل في حركة بطيئة، وتستطيع أن تتسلل وتقبض على فريستها بواسطة هذه الحركات التلصصية، وهناك ميزة أخرى إذ بمثل هذه الحركة البطيئة تكون لدى الحرباء فرصة للنجاة من ملاحظة أعدائها ويجد الكثير من الطيور والثعابين والسحالي أن الحرابى طعام لذيذ لها لاسيما وأنها كائنات عاجزة عن الدفاع عن نفسها، ومع أن جلدها به تخثرات قرنية على شكل عقد فإن ذلك يعطيها وقاية بسيطة ضد المناقير والأسنان الحادة، وتنحصر فرصتها الوحيدة في النجاة في الاختباء، ويتعاون السكون وتناسق اللون مع الوضع الورقي لبلوغ هذه النتيجة.

ويوجد نوع من الحرابي شائع في كينيا ولها أيضًا وسائل أخرى تمكنها من التخلص من أعدائها، وطائر "أبو قرن" أحد أعدائها الرئيسية. ويصف أحد الكتاب أنه عندما كان يسير تحت الأشجار حالة وجود هذا الطائر

فوقها أمكنه أن يسمع أصواتًا عديدة صادرة من سقوط الحرابي على الأرض لتتجنب الوقوع فريسة في فم هذا الطائر.

وقد تعرض الحرباء خلال الأربع والعشرين ساعة كساء مختلفًا للغاية ويكون لونها أسمر أصفر باهتًا ببقع صفراء في الليل وتمر في طور أدكن ويكون اللون أخضر رماديًا وقت الغسق أو الفجر، وتتخذ ظلالاً بلون أخضر تبعًا لوضعها وتظهر عليها نقط وبقع سوداء وسمراء باهتة أثناء ساعات ضوء النهار وإذا ما أثيرت تعرض نقطًا برتقالية وبقعًا قرمزية سمراء ويكون جسمها داكنًا جدًا إذا وقفت على غصن في ضوء الشمس، ولكن إذا سقط خيال على الجلد يكون مكان سقوطه باهتًا. وإذا وضعت الحرباء الداكنة بين أوراق خضراء زاهية تصير خضراء في مدة خمس عشرة دقيقة تقريبًا.

وقد تؤخذ الحرباء القزم (لوفوسورا بيوميلا) في الكاب كمثل لمسلك اللون في الحرابى عمومًا، وهي تصير سوداء على الجسم كله في أدكن أطوارها وبلون أخضر إلى الصفرة وزاه وعلامات سمراء إلى الصفرة باهتة أو رمادية في أبهت أطوارها. وتخص هذه العلامات أنموذجًا معينًا على جوانب الجسم يتكون بواسطة بقع وخطوط ملونة، وعلى ذلك فتغيرات اللون تعني جزئيًا الجسم العام وجزئيًا المناطق النموذجية على الجانبين، وفي حالة العتمة يحجب صبغ الملنين الأسود إلى السمرة كل ما عداه من ألوان على الجسم والجانبين.

ويتدرج لون الجسم خلال الظلام من الأسود والأخضر المتوسط والباهت إلى الأصفر وتكون المنطقة النموذجية شديدة التلوين. وفي الحالة المتوسطة يكون لون المحيط أزرق لامعًا ويتدرج لون الجزء الأوسط من البرتقالي إلى الأسمر وبه بقع مدخلية بلون أزرق داكن أو رمادي، وفي هذه الحالة يكون لون الأنموذج ظاهرًا عن لون الجسم الأخضر. وفي الحالة الباهتة تكون المنطقة النموذجية محاطة بلون رمادي باهت أو أزرق ووسطها أسمر أصفر باهت والبقع المدخلية رمادية باهتة وكلها تظهر عن لون الجسم الأخضر الأصفر، وتكون مثل هذه التغييرات كافية حقيقة لتبعث الحيرة والإعجاب في نفس أي شخص يراها.

وإذا أردنا أن نرسم الحرابي الأقزام في وضع طبيعي فلا بد أن نفكر في حالتها وهي في السياج وفي الأجمات والأشجار كالأكاسيا واليوكالبتس ذات الجزع الأسمر القرنفلي والأوراق الخضراء الرمادية. وتستطيع الحرباء أن تأخذ غالبًا أي نسق أخضر للحشائش والأوراق. وتستريح أحيانًا على قنابات رءوس الأزهار ذات اللون الأخضر الأصفر الباهت، ومن ثم تأخذ اللون الأصفر الذي هو صبغها الأكثر خفة وبهاء. وتكون أوراق النباتات والأشجار غالبًا مضيئة براقة، وتوجد بين هذه الأوراق خيالات سوداء داكنة ولا تصير الحرباء سوداء إلا في الضوء القوي. ويمكننا أيضًا أن نرسم فروع الأشجار السمراء أو السمراء الرمادية بلون داكن عندما تكون في الظل أو بلون أسمر إلى الصفرة أو رمادي فضي حيث يسقط الضوء عليها بشدة وتوجد ظلال من نسق أزرق أو أرجواني مكملة لخضرة الأوراق الحية

وصفرة الأوراق الميتة، كما توجد هنا وهناك تأثيرات عقدية وبقع غير منتظمة لقشور الغصون وأطرافها المكسورة.

ورأس الحرباء المثلثة الشكل وظهرها النحيل وأرجلها المنحنية وطريقة اللون كلها تساعدها على أن تختلط مع مثل هذا المكان، ويتناسق لون الجلد مع المكان الذي تكون فيه وتساعد المنطقة النموذجية على تشويه المنظر العام وتوعز بوجود خيال غير منتظم أو ندبة أو بقعة من القشر الخشن. وإذا كان أحد جانبي الحيوان معرضًا للشمس والجانب الآخر في الظل فإن الجانب المعرض للشمس يكون أدكن لونًا وينتج عن ذلك أن الحرباء لا تظهر كجسم أصم صيره الضوء بارزًا وتأخذ الحرباء حوالي أربع دقائق لتمر من الحالة الباهتة إلى الحالة الداكنة.

كيف ينتج تغيير اللون ؟

يتركب جهاز تأثيرات اللون في الحرباء من أربع طبقات واضحة في الجلد؛ فتوجد عند قاعدة الجلد أو راسخا في الطبقات العليا التالية خلايا صبغ تحتوي على ملنين أسمر إلى السواد وتعرف بحاملات الملنين وتليها طبقة تظهر بيضاء* بواسطة ضوء منعكس وتهيئ سطحًا تعرض عليه ألوان الطبقات العليا، وتوجد فوق الطبقة البيضاء منطقة تظهر زرقاء اللون بواسطة ضوء منعكس، وهذا أيضًا تأثير إبصاري أو تركيبي، وتتكون الطبقة العليا من صبغ أصفر، والآن يكتمل تركيب المسرح. ولفهم هذا العرض

* بالنسبة إلى بلورات الجونين.

يجب أن تعرف أيضًا حقيقتان: الأولى هي أن الصبغ يستطيع أن ينتشر لحد ما لكي يكون طبقة متواصلة أو يتمكن من التجمع لكي يمر الضوء إلى الطبقات السفلى، والثانية هي أن الملنين قد ينسحب بعيدًا عن النظر في داخل أجسام الخلايا عند قاعدة الجلد أو يهاجر إلى مسطحات مختلفة في الفروع الجوفاء مارًا إلى السطح أو ينتشر كشبكة كثيفة على السطح ويخفي كل شيء تحته. وتجمعات الصبغ المختلفة التي تنظم ألوان الجسم مبينة فيما يلي:

تأثير اللون	كيف ينتج
الأصفر:	الملنين مختف في أسفل واللون الأصفر منتشر تمامًا على السطح.
أخضر باهت :	اللون الأصفر منسحب جزئيًا والطبقة الزرقاء معرضة للضوء.
أخضر متوسط:	كما في الأخضر الباهت ولكن يصعد الملنين إلى مسافة ما في فروع حاملات الملنين معطيًا نسقًا أدكن
أخضر داكن:	يصعد الملنين إلى السطح وينتشر هناك طفيفًا.
الأسود:	يكون الملنين شبكة كثيفة فوق السطح يجعل اللون الأخضر معتمًا.

وبخصوص ألوان المنطقة النموذجية: تتدرج الألوان في الحاشية من الرمادي والأزرق والأزرق الداكن إلى الأسود، وتوجد هناك طبقة حاملات الملنين والطبقة البيضاء والطبقة الزرقاء.

تأثير اللون		كيف ينتج
رمادي	:	ينتشر الملنين على الطبقة البيضاء تصوريًا وبذلك يمتص الضوء الذي يمر خلال الطبقة الزرقاء ولا ينعكس.
أزرق	:	الطبقة الزرقاء ظاهرة لأقصى حد فوق الطبقة البيضاء.
أزرق داكن:		الملنين منتشر لمسافة ما في قنواته بالطبقة الزرقاء ويجعل نسقها داكنًا.
أسود	:	الملنين حاجبًا الأزرق.

ويتغير شريط اللون على الحاشية من الرمادي الأصفر الباهت خلال البرتقالي إلى الأسمر، وتوجد هنا طبقة من خلايا الصبغ البرتقالي على المنطقة البيضاء ومنطقة الملنين.

تأثير اللون		كيف ينتج
رمادي أصفر باهت:		الصبغ البرتقالي مركز في وسط خلاياه. والملنين منقبض.
برتقالي	:	البرتقالي متشعع تمامًا.
أسمر	:	الملنين منتشر خلال البرتقالي المتشعع.
أسود	:	الملنين مخفيًا البرتقالي.

وتوجد في بعض أفراد الحرابى نتوءات صغيرة أو درنات برتقالية في صفوف في منطقة الجسم العامة وتمر في نفس نظام اللون كما وصف تمامًا، ولا يحتاج تغيير لون البقع المدخلية من الرمادي الباهت أو الرمادي

الأصفر الباهت خلال الأزرق الداكن أو الرمادي إلى الأسود إلى وصف مستقل.

وتلد الحرباء القزم في الكاب عددًا كبيرًا من الصغار في كل مرة وتكون الصغار وقت ولادتها رمادية اللون وطولها حوالي ٤,٥ سنتيمترات ويتغير لونها من الأسود إلى الأبيض الصافي ولا تكون الألوان اللامعة الرمزية في الحرابي الكبيرة إلا عندما تكون بالغة تقريبًا.

آلية تغيير اللون

تتأثر الخلايا العصبية في الجلد وفي شبكية العين بالضوء المباشر والضوء المنعكس من الأشياء المحيطة وتمر هذه المؤثرات إلى المخ ومن هناك على طول الخيوط السبمثاوية في الجهاز العصبي السمبثاوي إلى خلايا الصبغ، ويكون كل تنظيم لوني من طبيعة الفعل المنعكس غير الإرادي، وتعطي تفصيلات تامة عن الموضوع في الجزء الخاص بالزواحف في الفصل العاشر.

الحرباء تدعي الخداع

هناك حرباء (كمليون ديلبس) لا تعتمد على الاختفاء السلبي من أجل سلامتها، وعندما يحدق الخطر بها تملأ رئتيها بالهواء، وبذلك يظهر جسمها منتفخًا كالبالون ويصير أسود كالقار وتفتح فكيها لتعرض اللون الأصفر اللامع الذي يبطن فمها وترفع حواشي بها قشور في مؤخر رأسها.

ولكي تعطي الحرباء كل الفائدة من هذا العرض المخيف تميل بجسمها، وبذلك يكون المنظر الأعرض في مواجهة العدو تصدر حفيفًا كالثعبان، ولاحظ "كت" أن هذه الحيلة كانت ناجحة للغاية ضد كلب كان في غاية الدهشة.

ولذا يبدو أن استجابة اللون التي تحدث تتغير تبعًا للظروف ووفقًا لرغبات الكائن فتصير في بعض الأحيان واضحة جدًا كما في حالة التحذير وفي أوقات أخرى تظهر بهيئة أصغر وأبسط ويكمل تناسق اللون الطموس الذاتي.

الضفدعة مرآة حية للجو

هناك شيء من الحقيقة في المثل السائد أنك تستطيع أن تخبر عن نوع الجو المنتظر في الساعات القليلة التالية بالنظر إلى لون الضفادع. وتغير الضفادع لونها لمدى ملحوظ جزئيًا تبعًا لهيئة الأشياء التي تحيط بها وجزئيًا تبعًا لدرجة الحرارة والجفاف أو درجة الرطوبة في الهواء.

وإذا كنا ملمين بهيئة الضفادع نستطيع بالنظر إلى واحدة منها أن نصدر حدسًا لا بأس به عن نوع المكان والأحوال التي أتت منها في التو. وإليك مثل لهذه الحالة: تقابل عالمان من علماء الطبيعة مصادفة في أحد دروب قرية ووجد أحدهما الآخر ينظر إلى شيء قابضًا عليه في يده وسئل "أين وجدت هذه الضفدعة منذ لحظة على ما تظن؟" وكانت الضفدعة كلها داكنة جدًا ولونها أسود إلى السمرة مخضبًا بلون زيتوني، وكانت

الإجابة "لا بد وأنك وجدتها في مكان ما بارد رطب على صخور أو أرض داكنة". فرد عليه الآخر "نعم ذهبت لألقي نظرة على ذلك البئر القديم المبني في سمك الجدار وكانت الضفدعة في فجوة بين الصخور الداكنة الباردة".

ووضعت الضفدعة على الأرض فقفزت لمسافة قصيرة ودفنت جسمها إلى النصف في وسط خصلة من الحشائش الطويلة وكان النهار مشمسًا ودافئًا، واحتفظ العالمان بهدوئهما وأخذا يرقبان الضفدعة من آن لآخر وهما متكئان على سور يتجاذبان أطراف الحديث، وفي الحال أخذ جسم الضفدعة لونًا أخضر زيتونيًا وعليه خطوط ونقط داكنة جزأت الهيئة العامة وامتدت بعض هذه الخطوط الداكنة على طول الجسم إلى الأرجل الخلفية المطوية وأسدلت ستارًا من الغموض على موضع اتصال الأرجل بالجسم. والشريط الداكن على طول جانبي الرأس صرف الانتباه عن العيون البارزة اللامعة وبقيت الضفدعة في مكانها دون أن تتحرك، وشيئًا فشيئًا صار من الصعب تمييزها من الحشائش، ومضى على ذلك ربع ساعة "أمهلها خمس عشرة دقيقة أخرى وستكون بعدها في أمان" وهكذا كانت.

فالضفدعة الآن هي اللون الأخضر لخصلة الحشائش، وظهرت الخطوط والنقط الداكنة كأنها بقع من الظلال بين الحشائش وعمل الضوء اللامع والهواء الجاف الدافئ والحشائش المحيطة (كما كانت الحالة) تأثيرات عميقة على شعور الحيوان وعلى آلية العصب والغدة الغامضتين. وكل هذه عبرت عن نفسها خارجيًا بظهورها على الجلد، أما في الداخل فمعدل

التنفس وضربات القلب أسرعت وعضلاتها أصبحت قادرة على التحرك بحرية مطلقة. ومن المحتمل جدًا أنها كانت تشعر بالجوع بل كانت مستعدة وقادرة معًا على أن تلقف ذبابة لتتغذى بها. فكم يختلف هذا عن حالة الكسل والبرد التي كانت عليها بجانب البئر مع جميع كفاءتها المتباطئة.

والضفادع والعلاجيم كائنات تجول في مسافات واسعة وعلى سطوح متغيرة جدًا مثل مروج الحشائش والتربة المعتمة العارية من الأعشاب من رعي الماشية عليها والمحيطة ببركة ماء أو الحجارة الرمادية أو البساط الأسمر الضارب إلى الحمرة في أرض كثيفة الأشجار. وتتناسق هذه الحيوانات في الهيئة واللون بسرعة مع مثل هذه الأماكن الطبيعية. وقد تجعل الضفادع والعلاجيم إقامتها في الحدائق لعدة سنين. وكان لإحدى السيدات حديقة ساحرة بها جبلايات صخرية ويجري خلالها مجرى ماء وظنت أن عندها في الحديقة ثلاثة علاجيم: علجوم مرقط باللون الأسمر ويستوطن فجوة بين صخور إحدى الجبلايات، وعلجوم مرقش باللون الأخضر ويعيش بين نباتات "الروتندرن"، وعلجوم أسود زيتوني يوجد على الطمي بجانب مجرى الماء، وفقط عندما أصبحت هذه العلاجيم مسالمة نحوها ووجدت أن جميعها لها مسلك خاص فيما بينها بدأ الشك يساورها في أن هذه العلاجيم الثلاثة ما هي إلا علجوم واحد ونفس العلجوم كما ثبت أن هذه هي الحقيقة.

وحتى إذا استوطنت ضفدعة أو علجوم أحد المروج مثلاً لمدة فصل من فصول السنة فإنها تحتاج إلى تنظيم لونها باستمرار، ويجب عليها أن

تتناسق مع اللون الرمادي الفضي للحشائش وقت الفجر ومع اللون الأخضر والأضواء والظلام المختلفة أثناء النهار وذلك لأنها تكون معرضة في كل ساعة من ساعات النهار لخطر الأعداء. ويتم هذا التناسق مع هيئة البيئة خلال العين وتسجل حالات درجة الحرارة والرطوبة مع ذلك بواسطة الجلد وتنتج عن هذا أيضًا تغييرات اللون. وفي بعض الأحيان تتقوى المؤثرات التي تستقبلها العيون بالمؤثرات التي يستقبلها الجلد، وفي أحيان أخرى تعمل مؤثرات المجموعتين في اتجاهين متضادين.

ويميل الجو الجاف إلى جعل الضفدعة أبعت في اللون، والجو الرطب يعمق نسقها. وكما أن الأرض الرطبة تكون أدكن من الأرض اليابسة والسموات الرمادية والهواء الجاف تشدد ألوان النباتات فإنه في حالة الضفدعة وهي بين الحشائش والطمي حول البركة تميل عيونها وحاسة جلدها إلى جعل الحيوان داكنًا. وقد يأخذ نفس المكان نسقًا أبهت أثناء فصل الجفاف وكذلك الحال في الضفدعة * ولكنها إذا وجدت نفسها في حديقة منخفضة مرصوفة بحجارة فاتحة اللون وفي جو رطب فإن المؤثر الذي تستقبله الأعين قد يستدعي استجابة لون الجلد الفاتح جدًا ولكن المؤثر الذي يستقبله جلدها قد يعدل هذه الاستجابة.

وتميل درجات الحرارة الدافئة إلى جعل الضفدعة باهتة وعلى العكس في درجات الحرارة الباردة، وقد تكون هذه ميزة في أن تمدد الملنين يتمكن

* وتتمم الضفدعة نسقها بواسطة تغييرات داخلية تظهر على جلدها عند المقارنة بالأرض والنباتات التي لا تحدث لها أي تغيير.

من امتصاص أي حرارة موجودة، وتكون الضفدعة شديدة الدكنة على سطح داكن اللون في أحوال رطبة باردة مثل ما هي عليه بين الصخور الداكنة الباردة بجانب البئر، وتكون باهتة جدًا على سطح فاتح اللون في أحوال جافة دافئة مثل ما هي عليه بين حشائش المروج الخضراء في يوم صاف دافئ في فصل الربيع. وقد يقوم عامل درجة الحرارة وبالمثل عامل الرطوبة بعملهما مع العوامل الأخرى التي تسبب تغيير اللون أو ضدها. ويوجد جدول في ملحق ٤ يبين أي العوامل تميل إلى حجب الأخرى عندما تعمل في اتجاهات متضادة.

ومن الواضح أن لون جلد الضفدعة في أي وقت معلوم عبارة عن مرآة لبيئتها أي ملخص جبري كامل لما يحيط بها: لون الأرض التي تستريح عليها، والنباتات التي تحيط بها، وأحوال الهواء الذي يكتنف جسمها سواء هو جاف أو رطب ودافئ أو بارد ونوع وشدة الضوء الذي يدخل عينيها وينير جلدها. ويتناسق الكائن تمامًا مع الطبيعة وتستجيب مادته الحية للقوى الطبيعية التي تعرض عليها وخلالها وتكون النتيجة الواضحة؛ أي تناسق اللون الخارجي بين الضفدعة وما يحيط بها، تعاونًا مفيدًا لكيان الضفدعة، وهي نتيجة لتنظيمات داخلية للعصب والمخ والغدة ولكنها علامة خارجية لها مغزى كبير إذ تبين كيف يستجيب الكائن كله متكاتفًا وليس الجلد فقط للقوى الطبيعية التي تسيطر على حياته.

أصباغ الضفدعة

ينتج تعدد الألوان في الضفدعة من العلم المشترك لثلاثة أصباغ: الملنين الذي يكون أسمر باهتًا عندما ينتشر في طبقة رقيقة وأسود عندما يكون كثيفًا جدًا وأصباغ صفراء وصفراء برتقالية وصبغ أبيض غير شفاف. وكل ذرة من الصبغ تحويها على حدة خلية صبغ أو حاملة لون. وحاملة اللون عبارة عن شيء نجمي الشكل بأشعة متفرعة غير منتظمة وتبقى هذه الأشعة متمددة وينتشر في داخلها الصبغ أو يتجمع تبعًا للظروف، فإذا تجمع الصبغ في وسط الخلية يظهر كذرة وإذا انتشر كله في الفروع فإنه يكون نقطة ملونة. وتتشابك فروع خلايا الملنين (حاملات الملنين) غالبًا على هيئة شبكة كثيفة ويتجمع الصبغ الأصفر أو ينتشر ولكن الصبغ الأبيض ثابت.

والضفدعة بالإضافة إلى حاملات الصبغ المتحركة على سطح جسمها كله لها أنموذج ثابت على خيوط وبقع داكنة على ظهرها ومساحات باهتة على أجزائها البطنية، ويزول هذا الأنموذج غالبًا في حالة ما تكون الضفدعة باهتة جدًا ويصير الأنموذج نفسه داكنًا (لأن له حاملات ملنين كثيرة متحركة) لدرجة الغموض في حالة ما تكون الضفدعة داكنة جدًا، أما في الحالات الوسطية (بين الباهت جدًا والداكن جدًا) يكون الأنموذج واضحًا تمامًا ويلعب دورًا مهمًا في تجزئة ما قد تكون مساحة كبيرة جدًا من اللون نفسه، وهذا هو الأنموذج الذي يعاون

الخطوط والبقع التي تبدو كخيالات كما في حالة الضفدعة المختفية وسط خصلة الحشائش.

وجلد الضفدعة رقيق لين ويكاد يكون شفافًا، وتوجد في الطبقة الخارجية خلايا الصبغ الأصفر وتحتها خلايا الصبغ الأبيض، أما حاملات الملنين فتوجد جزئيًا بين الخلايا الصفراء وجزئيًا بين الخلايا البيضاء وتحتها. ولإيجاد تأثير لوني باهت ينسحب الملنين لكي يعرض الصبغ الأصفر والأبيض، ولإيجاد تأثيرات داكنة يكون الملنين شبكة كثيفة ويضيف الصبغ الأصفر المنثور الهيئة المعتمة للجلد ويختفي الأبيض. ولا يكون اللون الأخضر ناتجًا عن صبغ ولكنه تأثير بصري، وينفذ الضوء خلال الجلد إلى الطبقة البيضاء التي تعمل كعاكس لأطوال أمواج خضراء إلى الزرقة * فيما عدا الحالة التي يكون فيها داكنًا جدًا، وما هي إلا هذه الأمواج المارة إلى أعلى خلال الطبقة الصفراء التي تعطي الهيئة الخضراء، وتتوقف الظلال النسبية للون الأصفر والأخضر والأسمر المنظورة في أي وقت على كمية الضوء التي تصل إلى الجلد أو على التنظيم المتبادل بين الأصباغ الصفراء والأصباغ السمراء.

جهاز الاستقبال والإرسال في الضفدعة

إن الضفدعة مزودة بطاقمي استقبال "تلتقط" بهما الأحوال المختلفة المحيطة بها، وهذان الطاقمان هما العيون والجلد؛ فالعيون تستقبل

* الملنين طور خاص للانتشار وينشر أيضًا أطوال أمواج خضراء إلى الزرقة.

ضوءًا مباشرًا من السماء وتفرق بين الضوء الساطع والضوء المعتم والظلام. وهي "ترى" أيضًا ما حولها باستقبال ضوء منعكس من أشياء في حدود إبصارها. وسياق الحوادث التي تؤدي إلى عمل تنظيم لوني مناسب من رؤية سطح داكن أو مضيء هي كما يلي:

إن شبكية العين على شكل وعاء ضحل موضوع على جانبه، وقد تتصورها كأنها مقسمة إلى منطقتين: إحداهما تستقبل أمواجًا ضوئية تسقط مباشرة من السماء وهذه المنطقة هي الجزء الخلفي والسفلي للشبكية، والمنطقة الأخرى تستقبل أمواجًا ضوئية منعكسة من السطح إلى داخل العين وتشمل هذه المنطقة الأجزاء المحيطية للشبكية. ومن طبيعة الأشياء أن الضوء المنعكس عليها ينبه المنطقة الأولى أيضًا ولكن لا يستطيع الضوء المباشر أن ينبه المنطقة الثانية مطلقًا. وعندما تكون الضفدعة على سطح أسود لا ينعكس منه ضوء وحينئذ تنبه المنطقة الأولى فقط – منطقة "ب" للأسود، وحينما تكون على سطح أبيض يعكس الضوء عليه إلى المنطقة الثانية – منطقة "و" للأبيض.

وتمر الخيوط العصبية من الشبكية إلى المخ، ومن المخ إلى الغدة النخامية، وعندما ينبه الضوء منطقة "ب" يمر الباعث العصبي منها إلى المخ ومن ثم إلى جزء من الغدة النخامية التي تطلق مادة كيماوية خاصة أو هرمونًا في مجرى الدم، ويحمل الدم الهرمون إلى الجلد حيث يسبب انتشار الملنين والأصباغ الصفراء ويؤدي ذلك إلى التلوين الداكن في الضفدعة، وعندما تنبه منطقة "و" تمر بواعث عصبية منها إلى المخ ومن ثم إلى جزء

آخر من الغدة النخامية وهذا ينتج هرمونًا يسبب انسحاب الصبغ إلى وسط الخلايا الصبغية، وينتج عن ذلك تلوين باهت للضفدعة، ولا مفر من أن الهرمون "الأسود" ينتج في نفس الوقت الذي ينتج فيه "الأبيض" ولكن تأثيره يحجب بواسطة مثيله الأبيض.

وإذا رغبنا أن نشاهد ملاءمة الضفدعة لسطح أخضر مثلاً فمن الواضح أنه للحصول على نتيجة طيبة يجب أن يمتد السطح إلى مستوى عينيها أو فوقهما، وسيصل الحد الأقصى من كمية الضوء المنعكس إلى منطقة "و" في الشبكية في مثل هذه الظروف فقط، وعلى ذلك يمكن تجهيز سطح أخضر مناسب بتبطين وعاء عميق صغير بطحلب أخضر.

وطاقم الاستقبال الثاني في الضفدعة هو الجلد وله مجال ملحوظ للاستقبال، ويوجد تحت قاعدة الجلد أطراف عصبية وهي مستقبلات الألم والضغط ونسيج الأشياء التي يكون الجلد ملامسًا لها، وتسجل أطراف عصبية أخرى حالات البرد والحرارة. وللضفدعة أيضًا مستقبلات للرطوبة – وهي مسألة حياة أو موت بالنسبة لهذا الحيوان، ومع أن له رئتين فهو يحصل على كمية كبيرة من أكسجين الهواء في الدم خلال الجلد الرطب مباشرة. ويحتفظ الجلد برطوبته بنفس طريقة فتحات أنوفنا، ولكن في الهواء الجاف جدًا تزول الرطوبة بدرجة أسرع من القدرة على إنتاجها وإذا جف الجلد يختنق الحيوان – ومن ثم كانت الحاجة ماسة إلى دراية مستمرة بحالة الهواء لتوجيه الضفدعة فتتحرك إلى الأماكن الرطبة وتعرض عن الأماكن الجافة.

وتحمل مؤثرات درجة الحرارة والرطوبة التي يستقبلها الجلد إلى المخ بواسطة الأعصاب ويستعرض المخ جميع الرسالات التي يستقبلها الجلد والعيون كما هي، ويتحدد بذلك مدى إنتاج هرمون واحد أو هرمونات أخرى من الغدة النخامية.

الفعل المباشر للضوء على الأصباغ

لا تخضع الأصباغ للرقابة التامة من المخ ومبعوثيه الهرمونات لأنها تستجيب مباشرة للضوء، وعندما يقع أي ضوء بل أقل ما يمكن من الضوء على الجلد يحدث انتشار طفيف للأصباغ، فإذا احتفظنا بضفدعتين لمدة نصف ساعة أو ما يقرب من ذلك تحت ظروف واحدة تمامًا – في إناءين بيضاوين في درجة حرارة واحدة للهواء وكمية واحدة من الرطوبة في قاع كل إناء مثلاً – ثم يوضع بعد ذلك إناء منهما في ضوء معتم والإناء الآخر في ضوء ساطع سنجد أن الضفدعة التي في الضوء الساطع أدكن من الأخرى، وبالطبع تبدي الضفادع اختلافات فردية مثل الحيوانات الأخرى، وكذلك يجب لإجراء مثل هذه التجربة اختيار ضفدعتين بلون واحد على قدر المستطاع.

تغيير اللون في أفراخ الضفادع

تعرض صغار الضفادع تناسقًا واضحًا جدًا للسطح الذي توجد عليه. ضع بعضها في وعاء أبيض والبعض في وعاء معتم كوعاء أخضر منتفخ بقاعه طمي داكن أو أوراق شجر قديمة سوداء من قاع مستنقع،

وبعد ساعة انقل الأفراخ من الوعاء المعتم إلى الوعاء الأبيض وتكون المقارنة بين المجموعتين ملفتة للنظر فتنكمش أصباغ الجلد في الأفراخ المحفوظة في وعاء أبيض في ظرف يوم أو أكثر إلى مثل هذه الدرجة التي يمكن فيها رؤية الجمجمة وكثير من الأعضاء الداخلية الأخرى بواسطة عدسات قوية.

ولا تصادف السطوح البيضاء والسوداء في الطبيعة إلا نادرًا، ومن المناسب استعمالها في التجارب فقط لأنها تعطي النهاية القصوى من التأثير الذي قد ينتج بواسطة سطوح طبيعية باهتة أو داكنة.

الفَصل الثامِنْ

الاستخفاء ومعاونته على البقاء

بلغ موضوع استخفاء الحيوان ذروته في دنيا العلوم خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر واصطلح على النصوص الخاصة لوصف الحقائق التي شوهدت، وتصطبغ وجهة النظر على الموضوع كله بشدة الرأي داروين في ملاءمة البيئة والاختلافات المناسبة التي ينجم عنها البقاء للأصلح بنتيجة أن كل صورة من صور الاستخفاء في الحيوان نسبت إليها داعيًا نافعًا، وعلى ذلك سميت المماثلة العامة المحجبة "تلوين وقائي" ووصفت ألوان التباهي التي جعلت الحيوانات تظهر واضحة "كتلوين تحذيري" كما سميت المماثلة القوية بين كائنين حيين من نوعين مختلفين تمامًا "مماتنة"، وظن أن كل حيوان يكون له أحسن فرصة للبقاء كنتيجة لتلوينه مضافًا إلى ذلك المناظر الأخرى للاستخفاء: الشكل والوضع وهلم جرًا.

وما زالت هذه النصوص مستعملة، ولكن معانيها امتدت أو حورت كنتيجة للأبحاث والأفكار الإضافية. ويعرف التلوين التحذيري الآن بلقب مرادف "لألوان الإيحاء في الحيوان" بمعنى "إشارات للتباعد" التي تساوي "ابتعد". وإذا فكرنا لحظة يتبين لنا أن "التلوين الوقائي" يمكن استعماله فقط في معنى محدود بدقة، وتتناسق كل حياة الحيوان في الصحراء تقريبًا مع الألوان المعتادة في الصحراء، والرداء الأبيض هو الرداء الذي يلبس في المناطق التي يكسوها الجليد، والأخضر هو اللون العام

للحيوانات التي تستوطن الأشجار. وتوجد أغلب الحيوانات في كل منطقة جغرافية حيث تسود طريقة لونية خاصة متناسقة مع الأحوال السائدة سواء في البر أو في البحر، وتتشابه ألوان الحيوانات غير الضارة التي تتغذى بالنبات مع ألوان الحيوانات التي تفترسها، ويقوم التمييز الضروري الآن على أساس وصف الأشكال غير الضارة التي تعرض ألوانًا "وقائية" ووصف الأشكال المفترسة ذات الألوان "الاعتدائية" المماثلة، ويساعد الاستخفاء على بقاء الأشكال الأولى بالتخلص من اكتشافها وعلى بقاء الأشكال الأخرى بصيد فريستها بنجاح أعظم.

وطرق اللون التحذيري مميزة جدًا وهي تشمل اللون الأسود مختلطًا باللون الأحمر أو البرتقالي أو الأصفر أو الأسود مختلطًا بالأبيض فيما يتعلق بالحيوانات التي تعيش في البر، ومن أمثلة ذلك اللون الأسود والأصفر في الزنبار والشفور ودودة زنجفلر (ذات اللون الأحمر الناضر) وتوجد عادة على نبات السنانير وبابونج الطيور. والنقط ذات اللون الأحمر مع الأسود في خنافس أبي العيد (بق الست) واللون الأبيض والأسود في حيوان الظربان (أبو منتن) وأبو شوك. والزنابير والشفافير خطرة بالنسبة إلى لواسعها، وخنافس أبو العيد غير ضارة ولكنها تستطيع أن تفرز سائلاً حريفًا يجعلها عديمة الطعم لأي حيوان يحاول أن يأكلها. ومما يذكر أن أسماك السلمون لم تشاهد قط وهي تلتهم ذبابة مايو ذات اللون الأصفر الزاهي والتي يسميها صيادو الأسماك (دانة مايو الصفراء) ومن المحتمل أنها غير شهية لهذه الأسماك. ومن بين البرمائيات التي تفرز سمًا ولها ألوان تحذيرية العلجوم ناري البطن والسمندل الناري ذو اللون الأسود

والأصفر. والظربان بكسوته التحذيرية ولونه الأسود والأبيض عدو مخيف إذا هوجم، فهو يرفع ذيله الأبيض الكبير الواضح ثم يطلق بإحكام تام سائلاً خبيث الرائحة في وجه المعتدي الأثيم، وهذه الرائحة الكريهة لا تطاق حتى أن الكلب يصير جائش النفس منها ولا يقدر على الاستمرار في مقاتلة الحيوان.

وهذه المخلوقات الخطرة أو عديمة الطعم وبمثل هذا النوع من التلوين الذي يشبع علامة الخطر (العلم الأحمر) أو علامة خطر الموت (الجمجمة والعظام المصلبة) تترك وشأنها غالبًا بشدة ولكن توجد أيضًا حيوانات شهية وغير ضارة وملونة بنفس الطريقة وهذه توصف كعارضة "الألوان التحذيرية الكاذبة"، ومثل هذه الحيوانات في أغلب الأحيان تشبه حقيقة بدقة الحيوانات الخطرة عديمة الطعم التي قيل أنها تقلدها (انظر الفصل الخامس).

وقد نستقصي أيضًا عن مقدار ما يكون لهذه الأنواع المختلفة من التلوين من تأثير فعلي على بقاء الحيوانات المختصة بها؛ ففي المكان الأول يستطيع الاستخفاء الوقائي (المماثلة المحجبة والألوان التحذيرية الكاذبة) أن يساعد فقط عند الحيوانات التي تقتنص بالنظر، أما في حالة الحيوانات التي تصيد بواسطة الشم أو اللمس فلا يستطيع أن يعمل شيئًا أو أن يكون عمله قليلاً. وبالرجوع إلى مجموعة متعددة ومختلفة كالعناكب تستبين هذه النقطة بوضوح.

وتتمتع العناكب القافزة وأنواع أخرى متجولة بنظر بعيد المدى نسبيًا وهي ترى بجلاء لا بأس به، وهي حقيقة تصيد جزئيًا بالنظر. ويستطيع العنكبوت أن يقفز لمسافة بوصة أو بوصتين ليتمم عملية القنص، وهذا يدل على وجود بؤرة واضحة في حدود ذلك المدى. ولكن أغلب العناكب (أرجيوبيد) لها عيون ذات فائدة قليلة من حيث اقتناص فريستها وتتركز حواسها الأساسية في اللمس والشم وهي تقيس الحجم وتخبر عن النسيج باللمس وتستعمل لهذا الغرض شوارب الحس وأرساغها أو (أقدامها). وشوارب الحس والأرساغ "تشم" وتشعر في الوقت نفسه ولكن بما أن "الشم" – الذي يكون له طبيعة الذوق نوعًا ويكون أفضل مصطلح يستعمل لوصف شعور العنكبوت بالشم والذوق واللمس هو "حاسة الجاذبية والتدافع الكيماوية". ولا تستطيع طرق اللون الوقائية أن تفقد مثل هذه الفريسة من العناكب وعلاوة على ذلك فهي تصيد ليلاً في أغلب الأحيان.

ويبدو أن اللون ليس له أي مغزى حتى للعناكب القافزة حادة النظر، فهي تهاجم السوس القرمزي والذباب الحوام ذات اللون الأسود والبرتقالي والذباب المنشاري والعناكب، كما تفترس بالتساوي ذوات الألوان "الوقائية" كشوكية البطن السمراء وهي على أرض سمراء والجاسيد الخضراء على أوراق الشجر الخضراء، وعلى ذلك فالألوان الوقائية والتحذيرية لا تفيد. أما بخصوص العناكب التي تغزل النسيج فإن استخفاء فريستها ليست له أية قيمة أيضًا لأن النسيج يوقع بكل فريسة ويقوم صاحب النسيج بالاختيار تبعًا للذة طعمها وسلامته من الصيد.

وتنتقي العناكب أو تنبذ الفريسة على الأرض الطيبة ويتمتع كثير من العناكب بذوق شديد الحساسية. ويصف بسترو كيف تبدي هذه العناكب القلق بعد أن تلتهم حشرة غير شهية؛ فلعابها يسيل وتجففه مرارًا على ورقة أو أي شيء قريب منها. وتتذوق العناكب طعم النمل والذباب الأخضر (من جميع الأنواع) وقمل الخشب وبعض الخنافس على مضض، كما أنها تتجنب حشرة الأذن حيث أن هذه تفرز رائحة كريهة وتأخذ هيئة التهديد بذيلها المجعد إلى أعلى إذا هوجمت. وكل حشرة تماتن (تقلد) الأنواع السابقة تأمن شر هجوم العناكب عليها كما هو الحال في بق الممبرسيد والعنكبوت الصالحة للأكل وكلاهما يماتن النملة قاطعة الورق.

ومما يستحق الذكر في هذا المقام أن العناكب لها فوائد جلية في الحد من تكاثر الذباب الكركي وبعض الحشرات الوبائية في النبات، ويعطي برستو كتقدير احتياطي أنه يلزم حوالي ٥٠,٠٠٠ عنكبوتا للفدان الواحد في إنجلترا وويلز كجيش له قيمته الملحوظة في السيطرة على الموقف.

وحينئذ نستنتج أن الاستخفاء ليست له فائدة كوقاية ضد العناكب، ومع ذلك فإن أعدادًا كبيرة منها تستخفي ذاتها، وبهذه الطريقة تحصل على درجة من الطمأنينة ضد الطيور والزواحف والبرمائيات التي تصيد بواسطة النظر. وتعرض العناكب التظليل المعاكس العادي، ويقف نوع واحد منها (لنيفي) مقلوبًا من أعلى إلى أسفل تحت نسيجه الذي يشبه سرير المتنزهات، ويعرض بظهره الباهت وبطنه الداكنة تظليلاً معاكسًا مضادًا. ووصفت طرق الاستخفاء المستعملة على النسيج نفسه (في

الفصل الخامس). وتستعمل العناكب كغذاء لحيوانات أخرى بقدر كبير وهي تدخل كجزء عادي في غذاء الطيور آكلات الحشرات الصغيرة مثل طائر أبي الحناء وتلتهم الزرازير أعدادا كبيرة منها وهي مصدر غذائي كبير لأفراخ الطيور كما أنها تؤكل بكثرة بواسطة العلاجيم وبكمية أقل بواسطة الضفادع، وتستهلك العظايا والذبابات الكثير منها، وتؤكل كميات كبيرة من بيض العناكب بواسطة حشرة الأذن وقمل الخشب.

ومن المحتمل أن كثيراً من الناس يظنون العناكب كمخلوقات كئيبة اللون رمادية وسوداء وسمراء مرقطة، ومع ذلك فالكثير منها بلون الأوراق والزهور كما هو الحال في نوع منها له بطن خضراء لامعة وموشمة بخطين بلون أصفر باهت. وهو يختلط مع عناقيد الإبر الطرفية الصغيرة في شجر الأرز التي يعيش بينها، وكما أن مثل هذه المشابهات المتنوعة لها فائدة وقائية فهي في الوقت نفسه تساعد على الاعتداء، وعنكبوت الزهر الأصفر (مسيومينا) واحد منها.

واخترع و. س. برستو تجربة ليكتشف بها إلى أي حد يساعد تناسق اللون في العنكبوت مع زهور سن الأسد في اقتناص الطعام، فوضع ست عشرة زهرة من زهور سن الأسد على هيئة مربع كبير وكل واحدة منها على بعد قدم من التي تجاورها ووضع حصاة صغيرة سوداء في وسط كل واحدة من ثمانية زهور متعاقبة وحصاة صغيرة صفراء بلون الزهرة في وسط كل من الثمانية الأخرى، وأحصى الحشرات التي زارت كل زهرة خلال نصف ساعة، وكانت الزوار من النحل البري ونحل الشهد والذباب العادي

والذباب الحوام، فزارت مجموعة من ست وخمسين حشرة الزهور التي بها حصوات صفراء في حين ذهبت سبعة فقط إلى الزهور التي بها حصوات سوداء. وهذا له مغزى كبير لا سيما وأن نحل الشهد والذباب الحوام هي جزء عادي من طعام هذه العناكب. ولا يساعد تناسق لون العنكبوت على الحصول على وجبة من طعام فحسب بل وينقذه من الوقوع كفريسة لبعض الطيور العابرة.

وكما أن الاستخفاء لا يمد فريسة العنكبوت بأية وقاية فالعنكبوت نفسه لا يأمن من هجمات الزنابير النمسية الطفيلية والزنابير الحفارة (بمبليدا) مع أنه مختلف تمامًا. وتبحث هذه الحشرات بغريزة سحرية عن عناكب خاصة كعائل لها وتضع فيها بيضها، ومثل هذه الزنابير من بين أشد أعداء العناكب خطورة. وكما يشير برستو "أن أنواع الأعداء التي يناضلها العنكبوت مختلفة جدًا بحيث يجب علينا ألا نتوقع مطلقًا أي تدبير واحد ليحميه من جميع أعدائه".

ولتلخيص الموقف فيما يختص بالعناكب: إن الاستخفاء لا يمد العناكب بأية وقاية أو بالقليل منها عندما تكون قناصة، والعناكب نفسها مستخفية تمامًا، وهذا يخدم غرضين، ليحميها من أخص أعدائها — هذه الأعداء التي تقتنص بالنظر — ويعطيها في الوقت نفسه فرصة طيبة لاقتناص الحشرات حادة البصر. ولا يفيد الاستخفاء العنكبوت نفسه من هجمات الزنابير الطفيلية، وتظهر النتيجة أنه من بين الكمية الهائلة من

العناكب التي تستوطن منطقة معلومة يبقى الكثير ويفنى الكثير ويتحقق ميزان الطبيعة.

ومن الواضح أن الحشرات وهي طائرة في الجو لا يكون لاستخفائها أي تأثير، وتلتهم طيور السنونو وما على شاكلتها وهي تحوم بسرعة فائقة في الجو بمناقير مفتوحة أي كائن مجنح يعترض طريقها، ولا يلقي اليعسوب المفترس السريع انتباهًا إلى أية ألوان وقائية أو تحذيرية، وتهلك الوطاويط التي تصيد في الضوء الضعيف أو في أية حالة تكون فيها قوة إبصارها ضعيفة الكثير من البشارات التي تكون قد نجت أثناء ضوء النهار بما لها من تلوين محجب، وتكون الطيور الصغيرة معرضة لهجمات الباشق (من الصقور) عندما تطير في الفضاء مع أنها تختفي تمامًا حينما تقفز في السياج أو الغابة. وفيما يتعلق بالقناصة الليلية قد تؤخذ كقاعدة عامة أن الصيد باللمس والشم والسمع أحسن مما هو بالنظر.

وتوجد حالات فردية مثيرة للاهتمام وهي التي تظهر أنها استخفاء تام ولا يكون لها فائدة ضد عدو خاص. ويعرض برغوث البحر العادي اختلاطًا تفصيليًا تامًا مع قاع البحر الرملي أو الحصوي، ولكن إذا تحركت جموعه أثناء النهار في وجود سمكة خاصة مثل الراس قريبة منها فإن ذلك يعني هلاكها، ويجب عليها أن تبقى مدفونة ولا تعرض أي جزء منها سوى عينيها، وحتى في هذه الحالة تصل إليها سمكة الراس أحيانًا، وتسحب رأسها بين الشقوق في الليل لتنام وحينئذ تكون هذه البراغيث البحرية آمنة على الأقل من ذلك العدو.

ومع أن النحل العادي والزنابير تتجنبها أغلب الطيور فهي تلتهم بواسطة طائر خاطف الذباب والوروار. وتنطبق هذه الحالة أيضًا على الكوكو الذي يتغذى أثناء إقامته في بريطانيا بالديدان التي تعافها طيور أخرى بالنسبة إلى شعرها أو أشواكها المهيجة. وتضع طيور الكوكو نصب أعينها في الأكل أنواعًا من "جرسي الكرة" وهي دودة بشارة الزنجلفر ودودة بشارة العقعق وكلاهما من أنواع ذات ألوان واضحة وهي غير شهية لطيور أخرى من آكلات الحشرات.

ويظهر كما في الطبيعة ونتيجة للتجارب أن كلاً من الألوان المحجبة والتحذيرية تهب خلاصًا مناسبًا من هجوم الحيوانات الفقارية (الأسماك والضفادع والعلاجيم وسمادل الماء والزواحف والطيور والثدييات.) وأجرى الأستاذ ن. ب. سمنر تجاربًا استخدم فيها طيور البطريق – وهي طيور تغطس تحت الماء وتتبع الأسماك وتقتنصها – فاحتفظ بأعداد من سمك الناموس لمدة بضعة أسابيع وكان بعضها في حوض أسود والبعض الآخر في حوض أبيض، وبعد مضي المدة صارت مجموعة من الأسماك سوداء والأخرى بلون أصفر باهت أو رمادي، ثم قدم لطيور البطريق وقت إطعامها أعدادًا متساوية من الأسماك الباهتة والداكنة في حوض جوانبه سوداء فأكلت الطيور ٧٣% من الأسماك الباهتة و٢٧% من الداكنة. وعندما أعيدت التجربة في حوض جوانبه بلون رمادي باهت كانت الأسماك التي أكلت ٦١% من الداكنة و٣٨% من الباهتة، وواضح أن الأسماك التي كانت أقل وضوحًا في الوسط الذي هي فيه سنحت لها فرصة أحسن للبقاء. ويستفيد الصيادون من درايتهم بهذه الطريقة فيضعون الأسماك التي

تستخدم كطعم في وعاء أبيض، ولأنها تكون واضحة عندما تنزل في الماء فتكون أكثر إغراء للصيد.

وأجرى يونج تجارب عديدة على الطيور في الأسر مقدمًا لها غذاءً طبيعيًا من حيوانات حية على سطوح تتناسق أو تتباين معها بدرجات مختلفة، وفي كل حالة تناسقت الفريسة مع سطحها قليلاً كان القبض عليها محققًا أكثر. فمثلاً اختارت البومة الأذناء الفيران المنزلية من سطح تباينت معه بشدة في إحدى عشرة فرصة من اثنتي عشرة. وتبين الحالة الآتية كم من الخطر أن يتباين كائن يؤكل وليست له حيلة دفاعية مع سطحه تحت ظروف طبيعية حدث "تحويل" أو تغيير لفراشة خاصة (كلياس فلودس) أثر على يرقاتها من بين أشياء أخرى، ولون هذه اليرقات عادة أخضر من أوراق البرسيم التي تتغذى بها، ولكن بعد التغيير كان لونها أخضر إلى الزرقة. ووضع جيرالد الذي لاحظها كمية مختلطة من اليرقات العادية (الخضراء) واليرقات ذات اللون الأخضر إلى الزرقة على نبات البرسيم وتركها في العراء معرضة لهجمات العصافير لمدة عشر دقائق، وفي نهاية هذه المدة كانت اليرقات الباقية هي التي في لون البرسيم الأخضر. وها هي تجربة مختصرة وباتة من بين التجارب العديدة التي أجراها أسلي على فرصة البقاء في الجنادب (النطاط) ضد هجمات الطيور، فوضع أربعين جندبًا بعد تخديرها على قطعة أرض لا تتناسق معها، وأطلق ثلاث دجاجات من نوع البنتم فاحتاجت إلى دقيقة واحدة لكي تعثر على كل جندب وأكلته. وفي يوم آخر وضع أربعين جندبًا أخرى بعد تخديرها على نفس الأرض، ولكن كانت الجنادب في هذه المرة من نوع يتناسق مع لون النبات، وبعد

انتهاء دقيقة واحدة لم تكتشف الثلاث الدجاجات البنتم نفسها غير ستة جنادب فقط وأكلتها.

والسكون ذو فائدة عظمى في جميع حالات المشابهة المحجبة، ولاحظ بولتن أنه طالما بقيت الديدان "العصوية" ساكنة عجزت العظايا الخضراء عادة عن اكتشافها ولكن في اللحظة التي تحركت فيها "العصويات" خطفت. ويكتب فروك فيما يتعلق بفراشة "جرايلنج" "رأيت طيور صقر الجراد في مناسبات عديدة وهي متعقبة فراشة الجرايلنج ورأيتها تحاول القبض عليها من الجناح، ولكنها كانت تفشل عادةً في ذلك، وإذا أخطأت الانقضاض عليها تندفع الفراشة إلى الأرض وتصير غير مرئية للطير ويحوم الطائر لحظة أو لحظتين ويتفرس في الأرض على بعد بضع أقدام ثم يرتفع وينتظر حتى تطير فراشة أخرى ثم يعطيها فرصة ثانية وفي أغلب الأحيان لا تنجو الفراشة". وشهدت قطة تتعقب فأراً جرى في حوض من الزهور تربته سمراء رمادية جافة ووقف الفأر كما وقفت القطة التي ظلت متوترة ترتجف وغير قادرة على رؤية فريستها إلا إذا تحرك ثانية.

التلوين التحذيري والبقاء

نعود الآن لسرد أمثلة من الحيوانات التي لها ألوان تحذيرية وللاستقصاء عما إذا كانت هذه الألوان تحمي أصحابها. إن أول ما تحتاجه الألوان التحذيرية هو أن تكون قوية وتعطي أقصى حدود التباين للأوضاع العادية المتعادلة ذات اللون الأخضر والأسمر. والتباين في حد ذاته مميت

لصاحبه عادة كما رأينا ولكن عندما تكون الألوان المتعلقة به هي اللون الأحمر والبرتقالي والأصفر والأسود والأبيض تكون نتيجته البقاء عادة. ونحاول في التو أن نتساءل "هل تتجنب الحيوانات الجوعانة الأنواع ذات الألوان الصارخة بالغريزة أو تعرفها بالتجربة المريرة؟ – بكل ما في هذا اللفظ من معنى – وهي عادة كما في الحالة الأخيرة حينما يتعلق بالفقاريات كلما وضعت المسألة للاختبار بالتجارب".

واختبر لويد مرجان هذه المسألة على دجاج مستأنس ودجاج الماء والبط واتضح له أن هذه الطيور امتحنت كل شيء قدم إليها كطعام وتعلمت بسرعة كنتيجة للتجربة، فتذوقت ديدان زنجلفر وخنافس الجندي وخنافس أبا العيد وكلها ذات ألوان تحذيرية وتجنبتها في الحال أو بعد إعادة تجربتها بالنسبة إلى طعمها غير المستساغ. وإذا ابتلعت دجاجة نحلة عادية دفعة واحدة ولم تلسعها فإنها تلتقط نحلاً آخر، أما إذا كانت سيئة الحظ في المحاولة الأولى ولسعتها النحلة فإنها لا تتجنب النحل مستقبلاً فحسب بل وما يشابهها في اللون من ذكور النحل غير المؤذية.

وأجرى و. ب. كت سلسلة من تجارب مهمة جدًا ومتقنة على العلاجيم من جهة تغذيتها بالنحل العادي. ويجد النحالون أن علجومًا يقيم نفسه بالقرب من لوحة الاستقرار في الخلية ويستولي على أعداد كبيرة من النحل، فاستعمل في التجارب ثلاثة وثلاثين علجومًا وسجل مسلك كل واحد منها على حدة، ووضع كل علجوم وهو جائع – لأنه ترك بضعة أيام بدون طعام – بالترتيب على لوحة الاستقرار في الخلية، فخطف نحلة و"إذا

لسعته أغلق عينيه وبلعها وزحف في الحال إلى حافة لوحة الاستقرار في الخلية وقفز بعيدًا" وأعيد إلى مكانه ولوحظ مسلكه ثانية فتجنبت عشرة من بين الثلاثة والثلاثين علجوما النحل كلية بعد التجربة الأولى المؤسفة وأخذ غيرها حوالي خمسة أيام قبل أن ترفض حتى محاولة القبض على واحدة وأظهرت العلاجيم خلال هذه المدة علامات واضحة من الخوف من الحشرات.

وعلى ذلك تختلف سرعة التعليم كثيرًا بين أفراد العلاجيم، ومع ذلك إذا حفظ الدرس فلن ينسى لأنه بعد مضي أسبوعين وضعت العلاجيم ثانية على لوحة الاستقرار فتجنبت النحل إما في الحال أو بعد محاولات أقل من السابقة.

وشوهدت الثعابين والعظايا في الحالة البرية وفي الأسر وهي تتجنب ضفادعًا بألوان محجبة من بين ضفادع بألوان تحذيرية، وتقتنص الأبراص المنزلية التي تلتهم الحشرات الموجودة على الجدران والسقف ليلاً بعض أنواع من البشارات والخنافس ولكنها تترك أخرى دون أن تمسها.

وحصل كلوجفر على دليل قاطع في أن الطيور البرية تتجنب الحشرات ذات الألوان الزاهية والتي تعافها نفسها، وقام بعمله لمدة ثلاث سنوات مع مستعمرة من الزرازير، وكانت مساحة الأرض التي تتغذى فيها تبلغ حوالي مائة فدان، وأعد لهذه التجربة بعض الأفراخ بعد أن وضع حول رقبتها ولمدة قصيرة طوقًا بحيث يسمح لها بأن تبتلع فقط غذاء جزئيًا

أحضره لها أبواها، وكان من الممكن فحص الغذاء، ووجد أن من بين ٣٣٠٧ فردًا من الفراشات والبشارات وعلى أغلب الظن الديدان التي أحضرها أبواها (من الزرازير) ثلاثة فقط لها ألوان تحذيرية وحي واحدة من بشارة برنت واثنان من الزنجلفر، ووجدت من بين ٤٤٩٠ خنفسة اثنتان فقط من أبي العيد. ولم يسجل من بين ٧٧٩ حشرة غذائية الجناح أية نحلة أو زنبار سوى واحد فقط من الزنابير الحفارة وكان بقية الصيد من الأنواع غير اللاسعة وأظهرت الزرازير مقدرة على التمييز غير عادية لأنها التقطت من الحشرات غشائية الجناح مالها ألوان تحذيرية ولكنها غير ضارة.

واخترع بعض العلماء الروسيين طريقة منظمة لاختبار الغذاء الذي تجلبه الطيور لصغارها، فجهزوا صندوقًا خشبيًا بدمية على شكل طائر صغير بفم مفتوح تحت مستوى لوحة الاستقرار التي كان يهبط عليها الأبوان. وكانت الدمية واللوحة متصلتان ببطارية كهربائية بواسطة سلك، وحين وقفت الأم على اللوحة حدث اتصال كهربائي جعل الطائر الصغير (الدمية) يغلق فمه على الطعام الذي دفع فيه وعندما طارت الأم بعيدًا انقطع الاتصال الكهربائي. وهذا جعل منقار الطائر الصغير يفتح ثانية ويسمح للطعام بأن يسقط في وعاء تحته، وامتحن ما في الوعاء في فترات منتظمة وأحصيت الكائنات التي كانت فيه وعرفت.

وتضيف بعض الكائنات الخطيرة أو غير الشهية إفرازًا ذا رائحة كريهة إلى لونها التحذيري في وقت الخطر، وهذا في أغلب الأحيان يمنع أية محاولة لهجوم إن لم يكن مميتًا فهو حقيقة حادث لا بد من تجنبه. وهناك

حالة دب هيمالايا الكوك الذي نقل من كهف أمه في التو إلى حديقة كبيرة حيث كان في استطاعته التجول فيها كلما أراد. وكان يوجد في هذه الحديقة أنواع مختلفة من الجنادب بلون محجب ونوع أسود بشرائط حمراء لامعة على جسمه وبقع صفراء براقة على أجنحته – كإعلان معين لـ (ابتعد) – والتقط صاحب الدب واحدًا من هذه الجنادب "المتوهجة" وأفرز الجندب من فمه زبدًا له رائدة مفزعة واستنشق الدب الجندب مرة واحدة وقلب شفته، وعندما قدمها له صاحبه مرة ثانية أطارها الدب من يده بعيدًا.

وتقدم لنا القرود لكونها فضولية ولها فيما يتعلق بالغذاء حب وكره واضحان مدلولات قيمة للإجابة عن الحد الذي تكون فيه الحشرات ذات الألوان التحذيرية غير شهية لها في حين أنها تأكل الحشرات ذات الألوان الوقائية. وقام كاربنتر بمشاهدات واسعة على هذا الموضع فقدمت للقرود أنواع كثيرة من الحشرات أو قامت هي بنفسها بالقبض عليها، ولحظ أن أحد القرود كانت وجبات طعامه في ٦١٥ مناسبة تحتوي على ٢٤٤ نوعًا مختلفًا من الحشرات خلال مدة الملاحظة، وحدد القرد ١٤٣ حشرة بألوان تحذيرية ووجد بينها ١٢٠ حشرة غير شهية والثلاث والعشرين الباقية صالحة للأكل، ومن ذلك يتضح كيف تتحدد النسب المئوية بشدة في هذه المجموعات فكان من مجموعة الحشرات ذات الألوان التحذيرية حوالي ١٦% حشرات شهية أي حشرات يمكن وصفها كعارضة "تلوين تحذير كاذب"، وكانت في مجموعة الحشرات ذات الألوان المحجبة حوالي ١٧%

حشرات غير شهية، وبالحكم عليها من هذه الوجهة قد توصف كعارضة "ألوان محجبة كاذبة".

وبالتفكير في مسلك هذا القرد قد يحكم عليه الشخص أولاً بعدم الذكاء والبطء الشديد في الفهم، وحسب آراء أخرى لا يستطيع الشخص إلا أن يعجب بمثابرة هذا الحيوان على مجابهة الإيهام أو يشبه هذا الموقف تقريبًا حالة طفل يعطي صندوقًا كبيرًا من شكولاتة على أشكال عديدة وبأنواع مختلفة من الزخرفة. ويحب الطفل الشيكولاتة ذات الوسط اللين ولا يحب ذات الوسط الجاف ويحدد الطفل النوع المستدير الذي عليه شكل بتلة وردة – أي لها وسط لين شهي له طعم الفراولة – وبعد ذلك يحاول الطفل واحدة أخرى بنفس الشكل تمامًا ولكنها بدون بتلة ويقضمها بقوة – فإذا هي بندقة، وما زالت هناك أنواع أخرى مستديرة، فهل هذه تستحق المجازفة بقضم أخرى فقد تكون محتوية على الفراولة اللذيذة في وسطها؟ وليس هناك شك كبير في الإجابة على ذلك. وكذلك الحال في القرد إذ من الأفضل أن يجازف بقضم حشرة بتلوين زاه فقد يكون لها طعم لذيذ كالحشرة الزاهية الأولى التي التقطها مصادفة.

والنتائج التي أمكن الحصول عليها من مراقبة القرود مطابقة للحالة العامة أي أن أغلب الكائنات ذات الألوان التحذيرية تكون إما غير شهية أو خطرة أو كلاهما معًا ولكن البعض غير ضار وشهي الطعم. وأغلب الكائنات ذات التلوين المحجب غير ضارة وتؤكل، ومع ذلك توجد شواذ. ومن الواضح أنه من الأسلم في الطبيعة ألا يؤخذ شيء جزافًا، وبناء

عليه فمن الأفضل – بعد فترة من المحاولات والأخطاء – أن نتجنب كل فريسة لها ألوان تحذيرية. وفيما يتعلق بالكائنات ذات التلوين المعتدل إذا ظهر أنها غير شهية فالعلاج الوحيد لمثل هذه الحالة هو بصقها ثانية بأسرع ما يمكن.

وإذا كانت جميع الحيوانات المفترسة تسلك مثل قرود كاربنتر فقد تكون الألوان التحذيرية ذات فائدة قليلة، ولكن الدجاج والعلاجيم التي تتعلم بالتجربة وترفض كل فريسة بها علامات من مثل هذه الألوان التحذيرية تعرض طريقة عادية جدًا للمسلك، ولا بد أن يؤخذ جعل دائم ولكنه بسيط نسبيًا من الكائنات الملونة تحذيريًا بواسطة عملية المحاولة والفشل هذه. ونقطة أخرى يجب ملاحظتها وهي أن المصطلح "غير شهي" هو نسبي لأن الطعم يختلف كثيرًا في دنيا الحيوان، والنمل كما رأينا غير شهي للعناكب ولكن توجد طيور تأكله بشراهة كما أنه الغذاء الأساسي لحيوان آكل النمل، والقنافد تفترس الأفاعي، ويعتبر النمس نفسه مهلكًا لثعبان الناشر، ويبدو أن أنواعًا قليلة من الحيوانات مثل الظربان (أبو منتن) والذبذت والعلجوم العربيد السام محصنة ضد هجمات أي شيء ما عدا الإنسان، كما يبدو أن حيوانات أخرى مثل "الذباب" وديدان الأرض والضفادع العادية والأرانب لم توجد غالبًا إلا لتقدم نفسها غذاء لأنواع شتى، وتوجد بين هاتين النهايتين أنواع في خطر من الأعداء التي يختلف عددها من عدة أنواع إلى واحدة فقط، وهناك مثل فرنسي معناه "أنا آكل وأنا أؤكل". ويظهر من الدليل المختصر الذي استعرض في هذا الفصل – وهناك أدلة كثيرة أخرى – أن الاستخفاء يكون له تأثيره إذا كان متعلقًا

بالحيوانات الكبيرة – أي شيء في حجم أبي العيد فما فوق. وكلما كانت نشأة العين في أي كائن أحسن كانت أهمية الاستخفاء أينما كان أعظم، والألوان الوقائية التحذيرية تساعد مرتديها ولكنها لا تستطيع أن تحقق لها البقاء. وهذا في الحقيقة دليل ذاتي وإلا كيف تتمكن الحيوانات المفترسة من الحصول على غذائها أو كيف يحتفظ بالمعدل المطلوب من أنواع النباتات غزيرة التكاثر!

الفَصل التاسِع

ما هو المعنى الحقيقي للاستخفاء؟

تزخر الطبيعة بأمثلة استخفاء الحيوان، وأقوى المؤيدين لتأثيره وحقيقته وقيمته في الكفاح من أجل البقاء علماء في الطبيعة محنكون، بل قوم لهم خبرة طويلة في مشاهدة الحيوانات في حالتها البرية بدقة، ولهذا لا يوجد شك في أن الاستخفاء حقيقة من حقائق الطبيعة بحسب ما تستطيع أن تصدق عيوننا.

وهناك نظريتان أساسيتان تبحثان في تفسير الحقائق كما تشاهد فعلاً وسنشير إليهما باختصار فيما يلي؛ فأول نظرية هي أن اللون في الحيوان والشكل لحد ما نتيجة للحالات الطبيعة والكيماوية في بيئته باستعمال المصطلح في أوسع معانيه، ويقرر برستو بخصوص ما كتب عن العناكب التي تعيش عادة في الكهوف والمخازن أنها تميل إلى أن تصير طويلة الأرجل ولونها باهت، ويتوقف تكوين صبغ الملنين فيها على عملية التأكسد التي تتأخر في الضوء الخافت جدًا، وينجم عن عدم وجود الضوء والرطوبة العالية أيضًا تقييد تكوين الكيتين، وينتج عن ذلك إطالة الأرجل والأشواك. ويعرض نوع مشهور من سمادل الماء في البلقان يسمى "ألم" النتائج التي تسببت عن طول تعرض سلالاته لظلام الكهوف تحت الأرض، فهو أعمى ويجب أن يبقى في نصف ظلام لأن جلده الباهت

يصير أسود إذا تعرض للضوء، والجلد به مواد مستترة لصنع الملنين * ولكنه لا يتكون في عدم وجود الضوء، وقد يشاهد من مثل هذا الكائن في حديقة الحيوان بلندن.

ومن المعروف منذ زمن بعيد أنه يوجد في الحيوانات ارتباط بين لون الجلد الداكن والرطوبة الشديدة وبين اللون الباهت والأحوال الجافة. ومن المعروف الآن أن شدة الرطوبة وارتفاع درجة الحرارة تساعدان على تكوين الملنين الأسود الحقيقي وتهيئ الحرارة والرطوبة الشديدتان وجود الملنين الأصفر والأسمر إلى الحمرة، كما تساعد درجات الحرارة المنخفضة على تكوين أنواع رمادية وسمراء رمادية من الملنين. وأجريت تجارب لحفظ أنواع خاصة من الطيور في جو أكثر رطوبة عما هو طبيعي لها، وكان هذا سببًا في أن بعض حالات من الطيور صارت داكنة كطائر أو نساج الذي يعيش في الصحراء بأستراليا فهو يصير داكنًا عندما يعيش في هواء رطب.

ثم توجد حالات كثيرة من سلالات محلية يختلف اللون في الواحد عن الآخر، وتوجد في بلاد المكسيك الجديدة مساحة كبيرة مغطاة بحجارة سوداء وبجانبها منطقة أخرى أرضها من الجبس الأبيض ويحيط بهاتين المنطقتين السوداء والبيضاء مساحات صخرية من نسق متعادل، ويعيش في المناطق الصخرية نوع من الفئران "بلون فيراني" ويوجد نوع أسود في مناطق الحجارة السوداء ونوع أبيض في منطقة الجبس الأبيض. ويضع الزقزاق أصفر الرعثة الذي يعيش في معظم أجزاء الهند عشوشه في منخفضات في

* طليعة الملنين هو الثيروسن والإنزيم هو التيروسيناز.

الأرض العارية ولون بيضه عادة كلون الأرض بعلامات داكنة، ومن الصعب جدًا رؤيته، ولكن البيض في جزء من شاطئ الملبار حيث الأرض هناك بلون أحمر طوبي وبها عقد من حجر الصوان الأسود يكون بظلال متنوعة من اللون الأحمر الطوبي وعليه نقط وبقع سوداء أو سمراء وهذا مما يجعله غير منظور، ويحتمل أن تؤثر الإشعاعات التي تنبعث من نوعي الأرض على الطيور والثدييات التي تخصهما وينتج عن ذلك تغييرات في اللون ولكن من المرجح أكثر أن تكون هذه التغييرات ناشئة عن المجموع الكلي للحالات الفسيولوجية الموضعية.

ومع ذلك فحقائق الوراثة في هذه الأيام لها تفسير آخر لتناسق اللون في السلالات المحلية مع بيئتها وتوصف كنتيجة إلى سابق التطابق. ويظن أنه حدثت بين الفئران ذوات اللون المتعادل في المناطق الصخرية ببلاد المكسيك الجديدة مثلاً طفرات نتج عنها أن بعض السلالات كانت أدكن من حالة أسلافها والبعض الآخر أبهت، والأفراد الأدكن والأبهت كانت لها أحسن فرصة للبقاء عندما كانت تعيش على المناطق السوداء والبيضاء نسبيًا وبمضي الوقت أصبحت متناسقة مع هذه المناطق في اللون تمامًا. وسابق التطابق بلا شك مسئول جزئيًا عن البيئة العمياء في الكهوف، وقد تميل أنواع الحيوانات التي كان لها قبل الآن نظر ضعيف وتجنبت الضوء اللامع إلى أن تدخل الكهوف وقد يقلل التطور بعد ذلك من ضوء عيونها أكثر من هذا.

والنظرية الأساسية الثانية لتعليل الاستخفاء (لا يستطيع الإنسان أن يعطي حكمًا بين النظريتين في كلمات قليلة) هي هذه الاختلافات التي نتجت عن الانتخاب الطبيعي، وهذه هي في الواقع النظرية العامة للتطور وتعلل المماثلة الوقائية بشيء من هذا القبيل، فمن بين عدد من الحشرات المائلة إلى الخضرة التي كانت تعيش بين الأوراق الخضراء فقست واحدة كانت مصادفة بلون الأوراق تمامًا كنتيجة لحدوث طفرة، وبينما عاشت هذه الحشرة وتركت بعدها نتاجًا فإن الكثير من نوعها أصابه الهلاك، وبعملية الوراثة كان بين ذريتها أكثرية من الأفراد دنا لونها من الأخضر "الصحيح" عما كان في الجيل السابق، وعلى ذلك وبعد عدد كبير من الأجيال أصبحت كل هذه الحشرات بلون مماثل للنباتات التي تتغذى بها. أما الحشرات التي لم تتوافق بواسطة الانتخاب الطبيعي فقد استئصلت وبنفس الطريقة، ولكي ترتقي حشرة "الورقة" الحقيقة فإنها اتخذت حالات إضافية من الاستخفاء مثل الانبساط والهيئة العامة للورقة والعلامات التي توعز بالعروق وهكذا لتصل "إلى الارتقاء" بواسطة طفرات توافقية للطبيعة المناسبة، وقد يدل هذا على أنه حدث تعاقب للاختلافات الوراثية (الطفرات) وكان بعضها على الأقل مناسبًا للحشرة وأنها استبقيت بواسطة الانتخاب.

وقد تكون الاختلافات عرضة لحوادث عرضية (بالمصادفة) بالنسبة لمنافعها للكائن المختص، ولكن عندما تحدث فلا يوجد أي شك في أن الانتخاب الطبيعي يؤثر عليها. ويعطي هريسون مثلاً واضحًا عن الاختلافات التي أثبتت نفعها لبعض البشارات وخطورتها للبعض الآخر،

وتوجد البشارات (أبورابيا أتمناتا) التي تعلق بها الموضوع في استونمور بيوركشير؛ ففي أوائل القرن التاسع عشر أصبحت غابة الصنوبر التي عاشت فيها هذه البشارات والتي كانت تحتوي على مجموعات من شجر البتولا وشجر الحور الرومي مقسمة إلى جزئين (غابتين) يفصلهما نصف ميل من نبات الخلنج ودق الشجر.

وبعد بضع سنين هبت عاصفة على أشجار الصنوبر في إحدى الغابتين واستبدلت بأشجارها شجر البتولا. وترعرعت أشجار الصنوبر في الغابة الأخرى ولكن ماتت أشجار البتولا والحور الرومي وكان هذا في عام ١٨٨٥، ومن هذا الوقت عاشت مستعمرة من البشارات في غابة الصنوبر ومستعمرة أخرى في غابة البتولا والحور الرومي.

وفي غضون عام ١٩٠٧ أمكن تمييز بشارات المستعمرين بعدد من الصفات من بينها اللون "فوجد في غابة الصنوبر أن حوالي ٩٦% من البشارات كان لونها داكنًا و٤% ذات لون باهت، وكانت في غابة البتولا ٨٥* باهتة و١٥% داكنة، ويظهر أن هذا الاختلاف كان نتيجة لاستبعاد منتخب للبشارات الباهتة الأكثر وضوحًا في غابة الصنوبر بواسطة البوم وطائر السبد (أبو النوم) والوطاويط، ولو أن البشارات الداكنة هنا تفوق في العدد مثيلاتها الباهتة بما يزيد على ٢٥ إلى ١ إلا أن أكثرية البشارات التي أكلتها هذه الحيوانات المفترسة (كما اتضح بواسطة الأجنحة المنبوذة) كانت من النوع الباهت وهذه استبعدت بالتدريج".

وعندما ظهرت أشكال البشارات الداكنة والباهتة أخذ الانتخاب الطبيعي طريقه إليها، ولكن ما الذي سبب الشكلين الاثنين؟

وهؤلاء الذين لم يعضدوا الرأي القائل بأن المماثلة الوقائية على الأخص هي نتيجة لقوى طبيعية وكيماوية تعمل مباشرة على الكائنات العضوية يعرضون أمثلة لأشكال مختلفة من اللون تحدث غالبًا تحت ظروف متماثلة. فقد توجد في واد واحد وعلى نفس الارتفاع عن مستوى سطح البحر حيوانات صفراء أو سمراء نحاسية تعيش على بقع صحراوية باهتة، وأشكال سوداء من الحيوانات نفسها تعيش على أرض بها حجارة سوداء، ومع ذلك لا نستطيع التغاضي عن الأحوال الكيماوية والطبيعية المختلفة على نوعي التربة التي قد تؤثر على ألوان الحيوانات التي تستوطن فيها. ويعتبر كت أنه يمكن الوصول إلى تسوية بين الرأيين بشيء من هذا القبيل. قد تستطيع اختلافات واضحة من الرطوبة في الهواء أن تحدث تغييرات في تلوين الصبغ الذي يصبح موروثًا، في حين أن الانتخاب لمصلحة التلوين المحجب قد يحسن هذه التأثيرات، ومع ذلك ما والت لدينا الفرص لتوضح لماذا يجب أن ينتج الفعل المباشر للقوى الطبيعية تأثيرات تلائم احتياجات الحيوان، وبذلك يمكن أن تستبقى بالانتخاب، ورأي كت هو أن كل ما يعطي وقاية من الأعداء المفترسة يعتبر أهم عامل نهائي في هذه العملية.

والآن عندما يعرض أي حيوان استخفاء متضمنًا تفصيلات من الشكل واللون مع أي مسلك أو وضع خاص يكون من الصعب علينا تجنب الاستنتاج بأن هناك فكرة أو غرضًا وحيدًا من وراء النتيجة النهائية.

ويرى كت أنه عندما يجمع الحيوان في نفسه كل القواعد البصرية النظرية التي تميل إلى الاختباء لا يمكن تفسير ذلك حسبما اتفق، ويبين أوسبنسكي أن التنكر في أية حالة متقنة للمماتنة تنظمه عوامل كثيرة جدًا متعاونة، وطبقًا لنظرية الارتقاء فإن الاختلافات التي تنتج هذه العوامل (الصفات في اصطلاحات مندل) هي على أوسع مدى طارئة، ومثل هذا التفسير لا يدخل في الاعتبار الاستحالات الحسابية لهذا النوع من سلسلة الاتحادات والإعارات (الطارئة)، والصفة الواحدة عندما تجعل الحيوان غير منظور في الأحوال المحيطة به كأرنب أبيض في الجليد مثلاً قد تفسر "علميًا"، ولكن عندما تصير مثل هذه الصفات بأعداد لا حصر لها غالبًا يفقد مثل هذا التفسير جميع الإمكانيات المنطقية.

والاستكشافات الحديثة في الوراثة تجعل مثل هذه المسائل أكثر حدوثًا في دائرة الإمكانيات. ووضع ج. ب. س. هلدين في كتابه "أسباب التطور" وجوليان هكسلي في كتابه "التطور" رأيًا في الوضع يعطي إقناعًا أكثر. ومن المعروف الآن أن الاختلافات تحدث على طول خطوط خاصة وليست في كل اتجاه حسبما اتفق، وكما أن الرأي المبكر بأن كل جين مسئول عن صفة واحدة مثل الطول أو القصر في البسلة، والطفرة التي تؤثر على الجين تغير صفة واحدة فقط في كل مرة فإن التأثير المتعدد لكل جين معروف جيدًا الآن. وذكر هلدن مثلاً أن الجين س هـ في زهرة الربيع يحز البتلات ويضاعف عدد البسلات ويفصم القنابات ويكون عادة أكثر استحكامًا ويزيد تجعيدات الأوراق في وجود جينات أخرى وهكذا، وعلى هذا ففي حالة الحشرة الورقية (التي تشبه الورقة) يستطيع التغيير الذي

يؤثر على جين منفرد أن ينتج صفات عديدة كما في الورقة على التوالي، وقد يتعلق هذا أيضًا بالظروف التي قد يثبت فيها أن أي تغيير في الشكل واللون مؤذ لمرتديه.

ومن المعروف أيضًا أن كل جين لا يتغير فجأة دائمًا، ولكن بواسطة عدد من الخطوات الصغيرة. (يظهر تغيير الشكل المركب الذي يؤدي إلى تغييرات حقيقية جدًا في نوع الجين الأصلي) ويسمح هذا بحدوث تغييرات في لون الفراء مثلاً بواسطة أطوار خفيفة جدًا لاختبار مدى نجاحها كما هي ضد تيقظ الانتخاب الطبيعي، وربما يكون هذا لإنتاج ملاءمة مفيدة عما تحدثه اختلافات طارئة من نوع واضح، ويمكن أن تحدث أيضًا أشكال سريعة من التطور كنتيجة للتهجين، كما يمكن أن يؤدي اختلاط حديث من جينات متعددة إلى نتيجة واضحة تمامًا من تجميع تأثيراتها واحدة في كل مرة.

أصناف الرؤية

إذا افترضنا وجود شيء من الحقيقة في الفكرة العامة لاستخفاء الحيوان فدعنا إذاً نستوضح الحقائق الإضافية. يتضح من دراسة العين في حيوانات خاصة أن نوع "الدنيا" التي تراها تختلف كثيرًا، وكثيرًا ما تكون الحيوانات الثديية العليا والطيور في نفس الحالة التي نحن عليها من خصوص التأثيرات الحسية الحقيقية التي تقع على العين، ويجب علينا حتى

في هذه الحالة أن نسلم بوجود اختلافات طفيفة جدًا في إبصار اللون وعدم وجود هذه المقدرة.

وأخذ "كت" عددًا من الصور لما يظهر لعين الإنسان أنها حيوانات خضراء مستريحة على أوراق خضراء، وفي الصور يظهر النسق في الحيوان وفي الورقة متماثلاً ولكن عندما تؤخذ نفس هذه الصور بألواح تحت الحمراء تبقى في بعض حالات الحيوانات في تناسق مع سطحها المورق وتكون حالات أخرى في تباين ظاهر. ويستطيع الحيوان ذو العيون القادرة على استعمال الأشعة تحت الحمراء أن يكتشف الأمثلة الأخيرة، ولا يكون هناك وجود للمماثلة الوقائية، ويوجد عندما يستعمل الاستخفاء اللوني في الأغراض الحربية أن الأشخاص المصابة بعمي لون ترى بسهولة من خلال الحيل التي تحير عيون ذوي الأبصار العادي للون، وعلى هذا فكل ما يختفي لنوع واحد من الحيوان قد يظهر لنوع آخر.

ثم هناك موضوع التأثير القياسي، فقد تستقبل الحيوانات التي لها نظر ذو عدستين كالقطة مثلاً ذا ثلاثة مقاييس يسمح لها أن تحكم عن الموضع الحقيقي بدقة تقريبًا، ولكن لا يتصل مثل هذا النوع من الإبصار جوهريًا "بإدراك" المجال ذي المقاييس الثلاثة. وأغلب الحيوانات لها كما للبقرة أبصار ذو عدسة واحدة فقط، ويجب أن تستقبل تأثيرًا مسطحًا عامًا يعطي معلومات قليلة عن المسافات التقريبية للأشياء. أما من جهة تفسير التأثيرات التي تستقبلها العيون فيذكر عن مصدر موثوق به أن أغلب الثدييات – مثل القطة والحصان – لا تستطيع أن تميز حركاتها نفسها

بالنسبة إلى حركات بيئتها، فعندما تسير قطة في طريق تظهر الأشياء والمناظر – للقطة – أنها تتحرك بثبات نحوها بواسطة ما هي حقيقة تغييرات واضحة للوضع التقريبي الذي ينشأ عن حركتها * وتظل الأشكال المتغيرة للأشياء التي تعودنا أن نربطها بالمنظور أشكالاً متغيرة لهذه الحيوانات، وهي إن لم تكن مألوفة قد تحدث فزعًا، فالحصان يأخذه الرعب ويجفل أحيانًا لأن الأشياء القريبة تظهر أنها تتحرك نحوه فجأة وبدون أن يتوقعها.

وذكر فيما سبق أهمية الثبات (عدم الحركة) في الاستخفاء وهو يفيد الاختفاء لأنه مهما يكن نوع العين فهي لا تستطيع إلا أن تكتشف دائمًا حركة شيء واحد بالنسبة إلى المنظر العام كله، وعلى ذلك إذا شك أرنب أنه في خطر يظل ثابتًا في مكانه تمامًا ويرقب أية حركة قد تدل على عدو لا يتمكن من التعرف عليه في حالة ثباته.

ونستطيع ان نعرف القليل عما "يُرى" حقيقة بواسطة الكائنات التي يختلف فيها الجهاز العصبي عن جهازنا – كالحشرات والديدان والرخويات – ولو أنه من المعروف أن العيون تكون خيالاً، وقدرة عيون النحل على استعمال أطوال أمواج فوق البنفسجية تسمح لها أن تستحسن تأثيرات لا نستطيع استحسانها، وقد يشاهد مثل لهذه التأثيرات في صالة المعادن في متحف التاريخ الطبيعي بلندن حيث يعرض هناك "كهف علاء الدين" العلمي. ومن الممكن إضاءة مجموعة المعادن (فلورسبار – المت – سلفات

* انظر اسبنسكي.

– الزنك – أرجونيت) التي لها في ضوء النهار العادي ألوان مهمة بأشعة فوق البنفسجية وتصير تحت تأثير هذه الأشعة منيرة كالفلورسنت وتلمع بضوء ولون فائقين. وإذا كانت لوحة الاستقرار في خلية النحل مدهونة بدهان أبيض باستعمال الزنك الأبيض أو دهان "تنان" الأبيض فقد يشاهد النحل هذا كلون أخضر إلى الزرقة الشديدة ويكون له تأثير قوي في إرشادها إلى مسكنها.

ووجه الأستاذ هجين الانتباه لأخطاء كثيرة تنجم عن الفشل في استحسان اختلافات في طول موجة تصدر من أصباغ مختلفة توصف كأنها من اللون نفسه، "والتأكيد بأن نوعًا خاصًا من الاستجابة يحدث عندما يوضع حيوان على سطح أحمر قد يعني التأثير المباشر للأشعة في المنطقة الحمراء أو يكون نتيجة لتخفيض الإشعاعات في المنطقة الخضراء". وفي الملحق رقم ٥ جدول يبين الانعكاس المناسب بواسطة أصباغ من "الحمراء" اثنين ومن "الصفراء" اثنين. وفي الحقيقة يستطيع أي ضوء وحيد اللون أن يتوافق بواسطة خليط من أطوال أمواج أخرى أي أنها تعطي نفس إحساس اللون لعيوننا.

وتختلف كثيرًا أيضًا شدة الضوء الحقيقية التي تنبعث خلال ألواح زجاجية وحيدة اللون أو مرشحات جيلاتينية، ويسمح الزجاج الأصفر بأن يمر خلاله ضوء كامل أشد من الزجاج الأحمر بدون التفات إلى طول الموجة، كما يسمح الزجاج الأحمر بمرور ضوء أشد من الزجاج الأزرق عندما تكون جميع الألواح الزجاجية من سمك متساو. وحيث أن شدة

الضوء لها مثل هذه التأثيرات المميزة على عيون الحيوانات فمن الواضح أن هذه المسألة يجب أن تضبط بشدة وتقاس أثناء القيام بالتجارب.

وهناك نقطة أخرى يجب أن نفهمها وهي أن حيوانات مستخفية بشدة لا ترى أنفسها أو ترى على الأكثر جزءًا من سطحها، وتستطيع أن ترى أنفسها أقل من ذلك بالنسبة إلى بيئتها. وبزاقة البحر التي تتوافق في تناسق لوني تام مع الإسفنج والطحالب المرجانية التي تستريح عليها لها عين كروية صغيرة على كل قرن استشعار وفي مقدرتها أن ترى على الأكثر مساحة صغيرة جدًا أمام رأسها على مسافة بوصة أو ما يشبه ذلك، وقد تستطيع أن ترى أكتافها ولا أكثر من ذلك بانحناء أعضاء الحس إلى الخارج، وتستطيع التأكد من أن سمكة الرنكة لم تر قط شيئًا من جسمها سوى الذيل، والسلحفاة التي احتفظ بها أليفة لبضع سنين وأظهرت ذكاء عالي النشأة عرض عليها في إحدى المناسبات خيالها في المرآة واتضح من مسلكها أنها عرفت "السلحفاة" في الحال ولكن من المؤكد أنها لم تعرف أن "السلحفاة" هي نفسها.

ولدينا أيضًا حالة غريبة "لدمية" على هيئة عيون وضعت كما لو كانت بقصد تام وبكيفية تظهرها كعين حيوان فقاري، وعلى ذلك اكتشفت لا بواسطة الفقاريات فحسب، ولكن بواسطة الحشرات الكبيرة ذات العيون المركبة أيضًا وحتى بواسطة الديدان.

إن العين المتألقة في الحيوان الفقاري بإنسان العين الأسود المستدير هي جسم واضح جدًا ومن المحتمل أن تفشي سر وجود صاحبها. وكثيرًا ما يحدث أن نوعًا من المخادعات الخاصة باستخفاء العين تعرضه حيوانات ذات تلوين محجب، ومع ذلك تمارس حيوانات أخرى نفس الهدف أو تأثير عين الثور لأغراض الهجوم المنحرف، وتكون العين الكاذبة في مثل هذه الأحوال في مكان آخر بعيدًا عن العين الحقيقية. وتزين مثل هذه العلامات الشبيهة بالعين ريش فزان أرجس وتوجد على صفائح العظايا والثعابين وعلى الأسماك الاستوائية وتظهر أيضًا على أنواع كثيرة من الحشرات التي قد يظن أو لا يظن أنها تشير إلى معنى مثل هذه العلامات.

وفي الحقيقة تحرف هذه العيون الكاذبة الهجوم عن أجزاء مكشوفة أو تمنع هجومًا كلية بأن ترعب ما قد تكون أعداء، وترفع بشارة عين الصقر (أسمر تنص اسلاتس) أجنحتها الأمامية وتعرض زوجًا من العيون الكبيرة المستديرة على أجنحتها الخلفية إذا كانت في خطر الهجوم عليها وهي مستريحة، وتكون هذه العيون مرعبة كأن فيها حياة عندما تكون هذه البشارة طائرة وقت الغسق. وثمة أنواع عديدة من الفراشات لها نقط عينية في مواضع مختلفة على أجنحتها ولكنها بعيدة عن الجسم دائمًا، وغالبًا يظهر على الأجنحة بالقرب من مثل هذه العلامات تلف يحدثه الطائر المهاجم بمنقاره. والسرعوف الناسك (سيودو كريوبترا) أحد الأمثلة العديدة المثالية التي تعطي العيون الكاذبة فيها تأثيرًا مرعبًا مفاجئًا، "فعندما تنزعج هذه الحشرة ترفع غطائيات الجناح فوق ظهرها مثل ذراع الإشارة – وكل ذراع يحمل على سطحه العلوي عينًا واضحة – وبذلك تصوب تجاه

الدخيل هيئة مزعجة نوعًا وليست كما يقال مذهلة" ومثل هذا العرض قد يكون سببًا في نجاة هذا النوع من السرعوف.

ومماتنة الشكل واللون والوضع والحركة لها غالبًا مزايا واضحة، ولكن كيف نستطيع تفسير مماتنة (تقليد) الأصوات التي تصدرها الطيور كما في الزرزور؟. ومماتنة الصوت في الطيور البرية كما لو تكون غير شعورية "ولا غرضية" كأشكال المماتنة الأخرى، وتكون الحالة مختلفة في طيور مثل الغراب النوحي أو الببغاء التي رافقت الإنسان حقبة من الزمن، ويكون من الصعب الإعراض عن النتيجة بأن بعض أصواتها تصدر عن قصد تام، فتصدر لغطًا وهكذا لتجذب إليها الانتباه.

ثم أن هناك حالات غريبة حيث يتغير لون الحيوان بواسطة مؤثر اللمس؛ فإذا وضعت ضفدعة الشجر (هيلا) على سطح خشن تعطي مؤثرًا مشابهًا لما تعطيه قشرة الشجر، فإن الضفدعة تصير رمادية أو سوداء، ولكن إذا وضعت على سطح أملس موعز بورقة الشجر تصير الضفدعة خضراء. والأخطبوط العادي وكذلك الأخطبوط الصغير (اليدن) لها خلايا للمس على ممصات أذرعهما، فإذا لامست هذه الأذرع سطحًا صلبًا بعض الشيء تتمكن من التعلق به تصير الحيوانات داكنة، ولكن إذا وضعت على سطح مشابه للرمل لا يمكنها إمساكه فإن الحيوانات تتخذ لونًا باهتًا مرقطًا.

ونقتبس نوعًا من الحيوانات القشرية (أدوثيا) كمثل للكائنات التي لها نظام وضعي عميق يكون سببًا في أنها تأخذ اللون الداكن بالنهار والباهت بالليل، ويوجد هذا الحيوان بين علامات المد والجزر كما لو أنه قملة الخشب الطويلة اللامعة وهو يبقي على تغيير لونه الدوري لمدة ثمانية أسابيع أو أكثر عندما يحفظ في الظلام طول الوقت.

وتشير جميع الملابسات التي استعرضت حتى الآن إلى النتيجة بأنه يجب في حالة الاستخفاء أن تختلف التأثيرات تبعًا للقدرة البصرية والنفسية للنظارة وأن الحيوانات المستخفية لا تدري بأي شيء من مثل هذه التأثيرات في أكثر الأحوال. ولكن حيث أن طرق اللون والاستخفاء توجد في جميع أقسام المملكة الحيوانية فيجب علينا أن نتعمق في البحث عن أسبابها بغض النظر عما إذا كان مرتديها يتمكن أو لا يتمكن من استحسان الحقيقة وبغض النظر عن قيمتها في البقاء أحيانًا.

فعل الضوء على المادة.. النتائج الطبيعية والكيماوية

يظهر أن الأسباب تكمن في الفعل الأساسي للضوء على المادة الحية، وتذكرنا الطبيعة في أغلب الأحيان أن كل معالم الحياة فوق كوكبنا السيار (الأرض) تتوقف على الفعل المشترك لضوء الشمس مع صبغ الكلوروفيل في النبات الأخضر، كما تحدث تفاعلات على أعظم جانب من الأهمية بين ضوء الشمس وأصباغ الحيوانات.

ولا يستطيع الضوء أن يعمل إلا إذا امتص، وتمتص أصباغ الحيوان بعض أشعة طيف النور أو كلها تبعًا لتركيبها ولونها، وامتصاص الحرارة وتنظيم درجتها هي إحدى نتائج هذه القدرة، وامتصاص الحرارة بواسطة صبغ الملنين له قيمته في حالة بيض الضفدعة؛ فبيضة الضفدعة وقت الوضع لها عند قمتها "قطب جرثومي" مغطى بصبغ أسود ولها من أسفل "قطب سفلي" ملون بالأصفر بواسطة حبيبات المح (صفار البيضة)، ويمتص الصبغ الأسود أشعة الحرارة من شمس شهر مارس المشرقة، ويساعد السطح المنحني للجيلاتين بأن يعمل كعدسة، ويركز الضوء على القطب الجرثومي، ويساعد الدفء المتزايد على نمو الجنين. ووجد هشيموتو أن الأنف في الأرانب تمتص الحرارة ولا بد أن يكون هذا هو الحال في ثدييات أخرى كالكلب مثلاً. ومن المحتمل أن يكون لهذا ميزة في زيادة عمل الخلايا الحساسة في جلد الأنف، كما يجب أن تمتص الحرارة بواسطة الشعر الداكن والفراء.

أما بخصوص تنظيم درجة الحرارة فتوجد في جلد الضفدعة خلايا صبغ الملنين التي لها القدرة على التركز بحجم رأس الدبوس أو الانتشار لتسدل ستارًا تامًا لا بأس به ويعرض في هذه الحالة الأخيرة سطح كبير يمتص أي حرارة موجودة. وقد يحدث أن الحرارة المنخفضة تسبب انعكاسيًا تمدد خلايا الصبغ، ولو أن هناك عوامل أخرى قد تقلل هذا التأثير (انظر الفصل السابع). وتميل درجات الحرارة المرتفعة إلى تركيز خلايا الصبغ، وعلى العموم فهذه التفاعلات حقيقية في فقاريات أخرى تعرض تغيير اللون.

ويظهر استعمال قوة امتصاص الملنين في ضبط درة الحرارة بطريقة مختلفة تمامًا في الإنسان، وهنا تبعًا لهمفرس فإن صبغ الملنين في الجلد يكون مبدئيًا ستارًا يحمي الأنسجة تحته من الضوء الزائد، وبالأخص من الأشعة فوق البنفسجية وهذا يكمله امتصاص الأشعة وتحويلها إلى حرارة (كمية صغيرة جدًا) يتخلص منها بعدئذ بالعرق (الأشخاص الذين لا يصبغون أو لا يأخذون اللون البرونزي جيدًا لا يحصلون على فائدة تذكر من العلاج بفوق البنفسجية). وفعل الملنين كستار يمكن إثباته بعزل الملنين كمسحوق ناعم ومزجه بالماء، فإذا وضع المزيج الناتج أو السائل وبه الملنين معلقًا على راحة اليد فإنه يحميها من أشعة الشمس التي تتركز عليها بواسطة عدسة احتراق، ولا تحتاج جلود سكان المناطق الاستوائية الداكنة إلى تفسير أكثر من ذلك. وأشير فيما سبق إلى القيمة الوقائية للأصباغ في الحيوانات ذات النسيج الشفاف، وقد يكون العصب البصري وتركيبات أخرى في سويقة العين في الجمبري مكشوفة تمامًا بواسطة الصدفة والأنسجة الشفافة لولا وجود الستار اللوني الذي تسدله مجموعة من حاملات اللون.

والفعل الكيماوي للضوء على الصبغ موضوع له أهمية كبرى في حياة الحيوان، ويمكن استخدام الصبغ لتحويل قوة الضوء إلى قوة يستفاد بتصريفها في بعض الأعمال الكيماوية، وبناء على ما ذكره همفرس قد يسبب امتصاص ضوء الشمس بواسطة الملنين في الإنسان تنبيهًا انعكاسيًا لإفرازات الغدد الداخلية خصوصًا الأدرنالين. وربما يثبت هذا الثقة بالنفس التي يبديها الحضري إذا قضى أسبوعًا أو ما يشبه ذلك خارج الدور!

ويتأثر تمثيل الكلسيوم أيضًا كما هو معروف جيدًا بواسطة فعل ضوء الشمس على الأرجسترول الموجود في الجلد وينتج عن ذلك تكوين فيتامين د، وعلى العكس من ذلك فإن قضاء أكثر اليوم في الظلام أو الضوء المعتم في منجم مثلاً له تأثيرات تظهر في الحالة السيكولوجية من انقباض النفس والحنق التي تلاحظ بين عمال المناجم والتي يظهر أنها طبيعية أصلاً، ويختلف هذا عن المرح العام الذي يبديه البحارة المتمتعين بكل الضوء الموجود.

ويعرض التصوير الشمسي مثلاً عاديًا ومثيرًا للفعل الكيماوي للضوء، وهنا تتأثر الكيماويات التي توجد في اللوح أو الفيلم بأطوال أمواج منعكسة من الأشياء التي تؤخذ صورها بنفس الطريقة التي يتم بها إنتاج صور هذه الأشياء تمامًا بتبييض المساحات المعرضة (التصوير الفوتوغرافي – الرسم بواسطة الضوء).

وأجريت تجارب كثيرة بقصد البت في تأثيرات الألوان المختلفة على الحيوانات، وليس هناك شك في أن الأجزاء المختلفة لطيف النور تعطي نتائج مختلفة مميزة. وللحصول على لون صاف يستعمل ضوء بطول موجة معروفة (ضوء وحيد اللون) أو ضوء أبيض ساقط على سطح يعكس ضوءًا بطول موجة معروفة.

فإذا تعرضت دودة المرير لمثل هذه الأضواء تتأثر أصباغ جلودها كثيرًا، ويعمل الضوء فوق البنفسجي والبنفسجي الأزرق على رعاية تكوين

صبغ أبيض وصبغ داكن في حدود قليلة. ويختفي الصبغان غالبًا في الضوء الأخضر ويختفيان كلية في الضوء الأصفر، ويزال الصبغ الأبيض تمامًا تحت ضوء برتقالي وأحمر وينتج صبغ جديد، ويظهر صبغ أبيض بكثرة تحت ضوء تحت الأحمر، وتكون النتائج المنتظرة مفيدة إذا كانت الحيوانات بها حاملات لون ملونة وإحساس لون. وبناء على ما ذكره فون بادنبروك فإن ضوءًا من نوع ابتدائي له فعل مباشر على حاملات لون من لون إضافي في حيوان الحبار، وعلى ذلك يسبب ضوء أزرق تمدد حاملات لون أصفر، والضوء الأصفر يمدد حاملات لون أحمر بنفسجي، كما أنه يتفق مع الرأي بأنه بواسطة امتصاص الضوء في هذه الأصباغ تحدث في حاملات اللون تغييرات كيماوية تنبه ألياف العضلات المسئولة عن تمددها وانقباضها.

ومن المستحسن أن نستعرض أيضًا العلاقة بين طول الموجة والعيون وتغييرات اللون كما تعرضها براغيث البحر والضفادع والأسماك وما شاكلها. فشبكية العين في علجوم زنوبس بها منطقتان واضحتان وكل منهما يسبب انعكاسيًا إطلاق هرمون مختلف يضبط تغيير اللون. ومن المعروف أن إحدى هاتين المنطقتين (عناصر قاع الشبكية) حساسة على الأخص للأشعة الحمراء، ويسمح الضوء الأحمر بانقباض تام وسريع لجميع الأصباغ الملونة في أحد أنواع براغيث البحر (كرانجن). بينما لا يمكن حدوث مثل هذا مطلقًا تحت ضوء أزرق.

وعندما يوضع أحد هذه الحيوانات التي تعرض تغيير لون مثالي على سطح من الأحمر أو الأصفر أو الأسود أو الأبيض تتخذ خلايا

الصبغ فيه أحسن حالات الانقباض والتمدد المناسبة لتتوافق مع السطح المختص، فإذا تركت بعضًا من الوقت على أي سطح واحد كالأحمر مثلاً تزداد حينئذ الكمية الحقيقية من الصبغ الأحمر، وإذا وضعت الأسماك المفلطحة على سطح من أي لون لا تعرضه في حالتها الطبيعية تستطيع أن تنتج صبغًا من هذا اللون حتى ولو بعد عدة أسابيع، وعلى ذلك فالمؤثر الضوئي المحدود الذي يبهر العيون ويحمل إلى المخ يستدعي استجابة مادة على شكل صبغ، ولا يوجد ارتباط واضح بين نوع المؤثر والنتيجة في جهاز المؤثر الصبغي.

وليست هناك صعوبة في فهم الكيفية التي يتأثر بها مباشرة تلوين الجلد في حشرات خاصة من تعرضها لأطوال أمواج مختلفة. ويوجد في الدم إنزيم التيروسيناز الذي يؤثر على التيروسين بتعرضه للضوء وينتج عن ذلك تكوين الملنين. وتسبب الأشعة الصفراء حموضة موضعية تبطل عمل التيروسيناز غالبًا في حين أن الأشعة فوق البنفسجية تسبب حالة قلوية يتبعها نشاط كبير للتيروسيناز وإنتاج كثير من الملنين. وهذه حالة واضحة للفعل الكيماوي للضوء الذي يؤثر مباشرة على التلوين. ولكن كيف يثبت الضوء مفعوله في المادة المصبوغة في حيوانات يكون جلدها غير حساس مباشرة لأشعة مغنطيسية كهربائية في حين أن هذه الأشعة تؤثر مع ذلك على عيونها.

وتدل نظرية بزيبرام التي أخرجت منذ بضع سنين على أن تغيير التيروسيناز في مثل هذه الحيوانات يحدث في العيون نفسها (الشبكية

والشيمية لها دورة دموية واسعة) ومن ثم تنتشر المنتجات في الجسم كله، وتصوريًا قد تحدث تغييرات كيماوية أخرى تؤثر على تكوين أصباغ أخرى. وقد تخيل هذا الباحث العين كعضو للتغيير الكيماوي الكهربائي وأخذت أحدث البحوث والتقارير تنتظم، وقد نكون قاربنا الوصف الكامل للحلقة التي تربط بين أطوال أمواج خاصة وأنواع خاصة من المادة. ويكتب ياب "وقد يظن لأسباب طبيعية أن الضوء في جميع الحالات التي يوجد فيها تركيب حساس له مسئول عن حدوث رد فعل كيماوي تصويري. ومن المرجح أن يكون هذا مصحوبًا بإنتاج مادة ما تؤثر على العصب" ومع ذلك يكون في هذه الحالة موضعيًا ولا يؤثر على أعضاء أخرى.

ومثل آخر معين على الفعل الكيماوي للضوء هو ما يحدث من تمثيل الدهن في خلايا الصبغ الأحمر في الجمبري الحربائي، ويجعل الضوء حقيقة تكوين هرمون سويقة العين في الجمبريات وما شاكلها. وهناك على ما يظهر شك قليل في أن الفعل الكيماوي للضوء في الصبغ هو الأساس الذي يشتق منه عمل الإفرازات الداخلية أو إفرازات الغدد الصماء.

ويجب أن يذكر شيء باختصار عن فائدة الضوء الملون (باستثناء علاج اللون السيكولوجي المبهم) في منع تلف الجلد بالمرض. واستعمال ضوء فنسن الأحمر يمنع الكلوم (علامات البثور) التي تنتج عن مرض الجدري (انظر العقاقير الطبية الإضافية). ويرى الآن أن مثل هذا العمل الذي استهزئ به من قبل كمجرد خرافة له أساس من الحقيقة. وهناك أيضًا دليل على أن كمية كبيرة من الضوء الأصفر أو الأخضر (كالمستعملة

في إنارة مائدة الطعام مثلاً) تستطيع أن تتداخل في وظائف المعدة بدرجة ملموسة. وكانت الألوان منذ القدم وحتى وفي وقتنا هذا ترافق تقليديًا الحالات العاطفية والعقلية كاللون الأزرق مع الشوق والأخضر مع الغيرة وهكذا. وليس من المناسب أن نتجاهل تمامًا الاعتقادات التي كانت شائعة منذ قرون حيث أن لها أحيانًا أساسًا من الصحة، ومن أمثلة ذلك مغزى الأحلام الذي حقق حديثًا بعد استكشافات فرويد.

وأخيرًا يجب أن نتذكر أن الكائنات الحية تخضع لفعل أمواج كهربائية مغنطيسية (أمواج الشمس أو المجال الكهربائي المغنطيسي للأرض) خلال الأربع والعشرين ساعة * وهذه تبعث معها دائمًا هزات حيوية متكررة، "وكثير من هذه الهزات لا تنتقل فقط إلى الكائن الحي خلال إحساسات مختلفة ولكنها تنبعث أيضًا في الجسم، ويجب اعتبار هزات أعضاء البصر والسمع والصوت كتغييرات دورية في خلايا الجهاز العصبي تصل عميقًا إلى المنطقة الذرية أو تحت الذرية، ولو لم يكن هناك أي تباين في نوع الضوء وكميته تكون الحياة والنمو مستحيلين". وتبعًا للورد كلفورد شودلي توجد أشعة لون مختلفة تسود في ساعات مختلفة في الدورة الليلية "وتتقوى عمليات حيوية بفعل منظوم من أشعة لون متعاقبة". ونعود مرة أخرى إلى الشمس كمنبع طبيعي ومساعد على الحياة في جميع صورها غير المحدودة.

---

* "وتزودنا الدراسات المهمة التي عملت في مدرسة الطب بهارفارد ومعامل لومس وأماكن أخرى برأيي أن مجال الكهربائية المغنطيسية للأرض والتغييرات فيها قد يكون لها صلة بانفعالاتنا أكثر مما نظن" هـ. ت. أستسن.

معنى الاستخفاء

وبعد هذه الإشارة العرضية بخصوص الفعل الطبيعي والكيماوي للضوء على الصبغ وتأثيراته بعيدة المدى على العمليات الحيوية في الحيوان قد نتساءل عما إذا كانت هناك صلة بين هذا الفعل ومعنى الاستخفاء.

ومن الواضح أن العوامل الطبيعية والكيماوية لها أهمية بالغة، إذ أنها حقيقة تشكل الكائن وتكيفه على مدى شاسع، كما أنها تحدد نوع أصباغه وتوزيعها إلى حد كبير، فمثلاً تنتج الحالة المثالية للظل العكسي – ظهر داكن متدرج إلى بطن باهت – جزئيًا من العوامل التي يتكون الملنين تحت تأثيرها، وكلما يستقبل السطح ضوءًا أكثر ينتج ملنيًا أكثر ومع ذلك لا تستطيع مثل هذه العوامل وحدها أن تكون مسئولة عن تعقيدات الاستخفاء. وبما أن جميع عناصر الاستخفاء هي حقيقة صفات ملائمة فلا بد من تعليلها بنفس طريقة الملاءمات الأخرى للتركيب والفسيولوجيا.

والسؤال الأساسي هو إن كان من الممكن في أي وضع اعتبار الاستخفاء حسي أو إرادي، ولهذا يعطي جوليان هكسلي جوابًا محددًا "لا" ويكتب "أن الغرض المبين في التطور سواء في الملاءمة أو التخصص أو التقدم البيولوجي هو غرض واضح ولا يتعدى أن يكون نتيجة قوى مجهولة كنتيجة سوط حجر على الأرض أو ارتفاع الماء في المد وانخفاضه في الجزر. وما هو إلا نحن الذين استوضحنا الغرض في التطور، كما أبرز الرجال السابقون العزيمة والعاطفة في ظواهر غير عضوية مثل العاصفة أو الزلزال".

ويعتبر هلدين أنه من الممكن تفسير التطور متضمنًا الملاءمة في مصطلحات قدرة الكائنات على التغيير وفعل الانتخاب الطبيعي على هذه التغييرات. "ويستثنى من ذلك فعل عقلية أعلى من عقلية الأفراد الناشئة إلا إذا اهتمت مثل هذه العقلية بالطبيعة العامة للكون وقوانينه" ويتضح الوضع العملي بواسطة هؤلاء الكتاب.

ومهمة العلم هي وصف الظواهر عن شرحها، ولكن من المفروض في حالات عديدة أن تفسيرًا مستفيضًا أعطي لأن ما وصف كان بقدر كبير وكما يكتب هلدين "تستطيع الوراثة أن تعطينا شرحًا عن سبب اختلاف كائنين متشابهين تقريبًا كقط أسود وآخر أبيض، وتعطينا معلومات أقل من ذلك بكثير عن سبب تشابههما. وبالطريقة نفسها تعطينا نظرية كاملة عن التطور معلومات مباشرة عن طبيعة الحياة".

وعلى ذلك يجوز حتى ولو لمجرد إرضاء النفس البشرية أن يقبل موضوع لم تستكمل حلقاته لإدراك "الطبيعة" أو "روح الحياة" كما هي موجودة في جميع الأشياء الحية التي تنبثق من الأرض – جزء محدد لما يخص الطبيعة العامة للكون وقوانينه. وهذا لا يزيد أو يقل عن اعتبار "العالم" كوحدة أو أشياء متماسكة، وتكون نواحي خاصة في الطبيعة كالجمال مثلاً أو ما يصفه هلدين "كشذوذ لا يفنى" سجايا مميزة.

ويوجد في الطبيعة اتجاه واضح جدًا لناحية التناسق العام للتأثيرات أي لناحية الزخرفة؛ فالخطوط الرفيعة للأشجار وزركشة النباتات الأرضية

في الغابة والفيسفاء والحلزونيات والورديات ليست إلا أمثلة من مثل هذه الأشياء في نمو النبات. والأماكن العارية والتي ليس لها منظر تتهيأ في الحال لتسر النظر بغطائها الأخضر الذي نظم بالنسبة لحاجة النبات إلى الضوء والفضاء، ولكن بنتيجة تناسقية للعين دائمًا، فالجذمول الذي يترك بواسطة شجرة ساقطة يتخذ في الحال منظرًا رشيقًا من الطحلب واللبلاب. والطبيعة هي فنان المنظر العام وفنان لأدق التفصيلات.

إن حياة الحيوان تتوافق مع الحالة العامة ليحتفظ أي شيء فيها بكيانه ولو أنه يجب ملاحظة أن التباين هو في حد ذاته عنصر من التناسق أحيانًا. وليست لمجرد "الوقاية" أن تكون الحيوانات التي تقطن الأشجار خضراء ويكسو الحياة في الصحراء ظلال صفراء وسمراء نحاسية، وظهورها "كلطخة على المنظر العام" يخالف ما ينادي به اسبنسكي من أنها "ذوق سليم للطبيعة" ولكن الزهور ذات الألوان الزاهية ليست زخرفية وكذلك الحال في الطيور والحشرات زاهية الألوان.

وتناول اسبنسكي موضوع الاستخفاء بفكرة جذابة، فهو ينظر إلى الطبيعة بأن لها اتجاهًا قويًا لا نحو الزخرفة فحسب بل ونحو التمثيل أيضًا — أي اتجاه الكائنات لتبدو مختلفة عما هي عليه حقيقة بالمنظر التمثيلي اللا نهائي للتخفي والتنكر. "فالطاووس يكسو نفسه بما يشبه بقع الشمس المستديرة التي تسقط على الأرض من الأشعة التي تنفذ خلال أوراق الأشجار". ويوجد بين الحشرات خصوصًا في ممالك خاصة اتجاه لأن تكون

شيئًا آخر عما هي عليه ولكن لتشبه ورقة خضراء أو بقعة من الأشعة أو حصاه. وكلما كان الموطن أكثر تقييدًا سيكون التشابه أكثر مطابقة.

فمن وماذا يكسوها، ومن وماذا يكافح لتكون أو ليظهرها بحالة غير حالتها؟ ومن الواضح أنها ليست الحشرة نفسها ولكنه الرداء. ويمكن رؤية خطة عامة عن إرادة وقصد في الظواهر الزخرفية وفي أشكال وألوان الكائنات الحية وفي ظواهر المماتنة وحتى في "الوقائية". وتكون هذه الخطة غالبًا جدًا بدون فائدة كلية. فماذا يمكن أن تكون إذًا؟. هي أسلوب، أسلوب في الطبيعة.

وربما كان مترلنك يفكر في شيء من هذا القبيل عندما كتب في حياة النمل ما يأتي "ولنا أن نحشد على فرخ من الورق فقط قليلاً من الوجوه الخاصة بأنواع مختلفة من الشغالة أو الجنود فيكون لدينا مجموعة من الأقنعة لم ير مثلها صانعو الأقنعة المضحكة في نيس أو البندقية". ويضاف إلى هذا الاقتباس ملخص آخر من نفس العمل يشير إلى نمل من جنس كلوبوسس يزودنا بمثال للمشابهة الوقائية الخاصة. *

* وأشد هذه الأقنعة غرابة هي تلك التي ترتديها النملة الجندي التي هي في نفس الوقت حارس الباب أو بالدقة ليست حارس الباب ولكن لأن رأسها ضخمة فتكون هي الباب المناسب تمامًا مثل سدادة في مدخل العش. وإذا أقيم هذا العش في ساق شجرة البمبو مثلاً فإن رأس حارس الباب تبدي هيئة الساق ولونه. وإذا كان في جذع شجرة كمثرى عتيقة فإنها تستخفي مثل قشرة شجرة الكمثرى. ونجد سلسلة تامة الحلقات من أشكال وسط من حارس الباب كله إلى باب فيه حياة أو نصف حارس الباب أي نائب حارس الباب الراغب أو الهاوي.. إلخ الذي تظهر أعضاؤه لتحدد موقفها ما لم تكن حقيقة الموقف هي التي تحدد الأعضاء.

والآن نعرف أن الطبيعة تتمم تأثيرات الزخرفة والاستخفاء هذه جزئيًا بتغييرات دقيقة ولكن أيضًا بطفرات مفاجئة وغريبة غالبًا. وهذه الحقائق تميل بنا إلى الظن بوجود قوة ما في الطبيعة نفسها توجه الهيئة وتثبت من خواص جديدة. وعلى الأرجح يجب أن نسلم بالموضوع كله بشيء مماثل لما تتصور به "الحساسية" – "استجابة". ويذكر الإنسان الرأي التجريبي لسير جيمس جين بأن بعض الطفرات قد تسببها الأشعة الكوزمية (مختصة بالنظام الشمسي) وهي قوى أرضية إضافية[٨] ومن هذا الرأي يكون قانونيًا الظن بأن ما تسمى ممالك حيوانية ونباتية هي نتيجة لفعل معقد عمل بالطريقة التي أسماها اسبنسكي "المعمل الكبير"، وهناك افتراض آخر وضعه السير جون همرتون "ويظن حينئذ أن الطفرات التي هي قاعدة للتطور تنتج عن فرصة انطلاق الجزئيات التي هي جينات بواسطة أمواج إشعاعات الأرض[٩]"

وقد يساعد مثل هذا الافتراض على تفسير الحوادث العجيبة كما يشاهد في أوركيدات النحل والعنكبوت – زهور تظهر "المماتنة" للنحلة أو العنكبوت. فهل تظهر الحشرات كصورة مطابقة للزهرة أو النبات؟ وهل يمكن أن تكون الفكرة التي نتجت عنها الزهرة هي نفسها التي نتجت عنها هيئة الحشرة التي تشبهها بالتقريب والتي هي مسئولة عن نقل لقاحها. ويقال أن زهرة مثل زهرة خانق الذئب تلائم تردد النحل المتواضع عليها من أجل الشكل واللون ومكان رحيقها. وقد يقال بالمثل أن لسان النحلة

---

(٨) تنتج التغييرات في المعمل بواسطة أشعة إكس.

(٩) معلومات عملية للجميع صفحة ٦٣ الجزء السادس.

وجهازها الحسي ومسلكها ملائم لأن تزار زهرة خانق الذئب وينقل لقاحها، فكلاهما منظران بنفس الحساسية الموحدة وليس للانفصال المكاني بينهما أي قيمة تذكر.

ولتلخيص الموقف توجد وجهة نظر عملية تشير إلى أن الأشياء الحية وما ينسب إليها هي نتيجة لعمليات عرضية صرفًا ولو أن تخيل "العمليات العرضية" هو حقيقة تفسير الإنسان لمدلولات جمعت حتى هذه الآونة فقط. وهناك أيضًا أساليب فلسفية مختلفة بخصوص معنى الحياة. ويميل المؤلفان في الوقت الحاضر إلى الرأي بأن شكلاً من الحسية أو الاستجابة يجب أن يسلم به للموضوع كله ويظهر في الحياة العضوية بأسلوب يوصف توافقيًا "كالطبيعة". أما أن العلم يصف ولا يستطيع أن يشرح وأن المادة هي فضلاً عن ذلك لا شيء إلا تنظيم وقتي لقوة إلكترونية فمن الشك أن أي تفسير ينتج عن تفكير ثلاثي الأبعاد وتأثيرات حسية (وعلى الأكثر بصرية) يمكن أن يعطي أملاً للاقتراب من الحقائق كما هي حقيقة.

الفَصل العَاشِر

السيطرة على تغيير اللون في الفقاريات

توجد في جميع مجموعات الفقاريات الدنيئة حيوانات تعرض تغيير اللون، ولا يحدث تغيير اللون بواسطة حاملات لون في الطيور والثدييات حيث يكون الجلد مختفيًا بالريش أو الفراء، ومع ذلك يعرض الفراء والريش في حيوانات قطبية وشمالية مختلفة تغييرات موسمية. فالطهيوج (نوع من القطا) وقطا الصفصاف والثعلب القطبي وابن عرس مثلاً تنغمس مع كل ما يحيط بها في فصل الصيف وتتخذ في فصل الشتاء كسوة من الأبيض وتنغمس مع الجليد الذي يكسو كل شيء حولها.

وحيث يحدث تغيير اللون يوجد نسق ثابت أو مستديم بوضوح أكثر أو أقل ومستقلاً عن الطبيعة المتغيرة في الأجزاء الأخرى من الجسم، وقد لا يشمل هذا النسق إلا ظهرًا أدكن وأجزاء بطنية باهتة، وقد يكون عبارة عن خطوط أو بقع مختلفة في تنظيمها. ويتخلل مناطق النسق الثابت هذه جهاز حاملات اللون مسببًا لها الطموس غالبًا تحت ظروف ما ويجعلها أكثر وضوحًا تحت ظروف أخرى. وتعرض الضفادع هذا النسق الثابت واضحًا جليًا على شكل علامات على الأرجل الخلفية وعلى الرأس، كما أنه جيد التكوين في العظايا "كالعلجوم المقرن" وفي بعض الحرابى، ولا يوجد هذا النسق الثابت في الأسماك المفلطحة.

وحاملة اللون في الفقاريات عبارة عن خلية وحيدة لها فروع كثيرة وتحتوي غالبًا في كل حالة على صبغ واحد فقط. وتعرض حاملات اللون نشاطًا أميبيًا كبيرًا في أجنة الأسماك ويرقاتها، ويظن عادة أن حاملة اللون الأميبية تتطور إلى الشكل البالغ الذي تكون فيه فروعها غير متحركة، وقد يظهر أن الصبغ يجري في هذه الفروع أو "الممرات" المجهزة أو ينسحب منها عندما تتمدد حاملة اللون أو تنقبض وشوهدت بقايا جدران الفروع في حاملات اللون المنقبضة.

وتعرض الصورة الفوتوغرافية لحاملة اللون نفسها بعد أن سمح لها بأن تنقبض ثم تتمدد ثانية مماثلة تامة في الشكل بين الحالتين التي كانت فيها متمددة. وليست آلية انتشار او تركيز الصبغ في حاملة اللون مفهومة تمامًا حتى الآن.

ومما يثير الدهشة أنه في مجموعات الفقاريات التي يظهر أنها تكون تتابع تطوري على أسس أخرى كما في الأسماك الصفخيشومية (الأسماك الغضروفية مثل سمكة الترس وسمكة كلب البحر) والبرمائيات والزواحف يوجد تغيير اللون أولاً كعملية تأخذ وقتًا كبيرًا ولكن تصير أسرع حتى تكون في الزواحف سريعة جدًا، وزيادة المعدل هذه تكون مصحوبة بالتغيير من سيطرة هرمونية بطيئة إلى سيطرة عصبية سريعة في العملية. وهناك عمليات فسيولوجية كثيرة يكون فعل الهرمون فيها أبطأ بكثير من فعل العصب (باستثناء الأدرنلين) وتعتبر سيطرة الهرمون عادة أكثر الطرق قدمًا. ولم تزل الاستجابة الابتدائية المباشرة لحاملات اللون للضوء موجودة

في كل المجموعات الحيوانية، ولكن تأتي تحركات الصبغ أولاً تحت سيطرة الهرمون ثم تحت سيطرة العصب، وذلك لكونها مستقلة عن أي سيطرة بواسطة الحيوان المختص بها.

وتدخل "مستديرات الفم" التي تضم الجلكي القديمة والشمطاء ضمن مجموعات الحيوانات التي سبق ذكرها* والأسماك العظمية (تليوستات) هي في نقط كثيرة من التركيب غريبة ومتخصصة ولا يظهر أنها تأتي في التتابع التطوري الرئيسي للفقاريات. وتغيير اللون في هذه الأسماك رمزي في سرعته ويسيطر عليه الجهاز العصبي ولو أنه تحدث أيضًا سيطرة الهرمون في ظروف خاصة.

١ـ السيطرة الهرمونية

الأسماك الصفخشيومية: يعرض كثير من هذه الأسماك تغيير لون مميز جدًا؛ فسمكة الراهب (رينا اسكواتينا) وبعض أنواع من سمك الترس (رايا ميكلاتا ورايا بركيورا) تصير كلها داكنة جدًا عندما تكون على سطح داكن بينما تكون ألوانها باهتة جدًا بعلامات رمادية على رمل باهت أو حصى أو في حوض أبيض. وتبدو أنواع من سمك كلب البحر أنها تتغير طفيفًا فقط ولكن بالامتحان المجهري تعرض استجابة على مدى واسع لخلايا الصبغ فيها (صورة ١٣). والترس والشفنين البحري وكلب البحر هي أسماك المياه الضحلة المتوسطة، وتستريح أسماك الترس والشفنين على

* ومما يثير الاهتمام هو أن الغدة الصنوبرية تعمل كمستقبلة لاستجابة ابتدائية في يرقة الأموسيت.

قاع البحر وتأكل بشراهة، وتتخذ أسماك كلب البحر غالبًا الطريقة نفسها ولكنها سباحة نشيطة جدًا وتتعقب أسراب الأسماك التي تسبح بالقرب من سطح البحر، وتأخذ أسماك الترس وكلب البحر مدة تتراوح من يوم إلى ثلاثة أيام لتصير ملائمة تمامًا لتغيير السطح ولها جهاز بسيط جدًا من حاملات الملنين البشرية والجلدية، وهذه الأخيرة أكبرها وأكثرها تفرعًا وتلعب الدور الرئيسي في تغيير اللون. وتوجد أيضًا خلايا صبغ أصفر برتقالي (حاملات لون أصفر). وتسيطر الغدة النخامية على جميع أصناف خلايا الصبغ. وتحدث الملاءمة للسطح الداكن ويستبقى عليها بواسطة هرمون ينتج في الفص المتوسط العصبي من الغدة النخامية كما أن الملاءمة للسطح الأبيض تحدث ويستبقى عليها بواسطة هرمون ينتج من الفص الأمامي للغدة النخامية. والعيون في أسماك الصفخيشومية هي المستقبلات الوحيدة لمؤثر السطح، ويوجد استثناء واحد للسيطرة الهرمونية الخالصة في هذه الأسماك، فأحد أنواع كلب البحر "موسيتلس كانس" يصير باهتًا بواسطة تأثير الجهاز العصبي وداكنًا بناتج من هرمون الغدة النخامية.

البرمائيات: تعيش أنواع مختلفة من الضفادع والعلاجيم في كل بقاع المنطقة المعتدلة والاستوائية تقريبًا بشرط ألا يكون الجو جافًا جدًا وهي تترعرع خاصة في الغابات الاستوائية كثيرة البخار حيث تتكون البيئة الطبيعية بواسطة الضوء الساطع والظلال والألوان الزاهية المتباينة. وتعرض أغلب الضفادع والعلاجيم تلوينًا اختفائيًا ومحجبًا يتناسق مع أماكنها، وفي مثل هذه الحالة يكون تغيير اللون هو القاعدة. وهذه الأنواع التي تكون واضحة بالنسبة لألوانها التحذيرية – الأسود أو الأحمر أو الأصفر أو

البرتقالي – تعرض القليل من تغيير اللون الفسيولوجي لو وجد منه شيء، وكل ما تصنعه هو أنها تزيد أو تقلل كمية هذا أو ذاك من أصباغها إذا دعت الظروف.

ويستطيع كثير من البرمائيات المذنبة (الضفدعيات ذوات الذيول) أن تحور نسقها أو لونها كاستجابة للبيئة، ومن أمثلة ذلك يرقات سمندل الماء والأنواع البالغة من السمادل الناعمة والمكففة. والتلوين المستحسن الذي يظهر في السمادل أثناء فصل التوالد هو في أغلب الأحيان من طبيعة النسق الثابت الذي يشتد في هذا الوقت. وثمة يرقات نوع من السمادل (اكسلتل) مثيرة للإعجاب. فالشكل الأبيض منها له حاملات ملنين وهي صغيرة للغاية بحيث لا تقوم بأي عمل في الحيوان سوى تغيير اللون من أبيض صاف إلى أبيض أقل صفاء، أما الاكسلتل الأسود فله حاملات ملنين متمددة باستمرار ولا تتأثر حالتها هذه من طول إقامتها في أحواض بيضاء. ويعمل هرمون الفص المتوسط العصبي من الغدة النخامية على بقاء حاملات الملنين في حالة تمدد كلي، وإذا نزع هذا الفص تبطل الحالة السوداء في خلال أربع وعشرين ساعة، وتنطبق هذه الحالة على سمك الترس الأسود أيضًا.

وكان السمندل الناري ذو اللون الأسود والبرتقالي موضوع أبحاث كمرار وحاول به أن يثبت نظرية لامارك عن وراثة الصفات المكتسبة. والسمادل التي يحتفظ بها في أقفاص سوداء بعض الوقت تعرض على جسمها مساحة متزايدة من الصبغ الأسود. أما التي تحفظ في أقفاص

صفراء أو برتقالية يتكون في جلودها كثير من هذه الألوان، فأولاً تستميل الأشياء المحيطة ذات اللون الأسود أو الأصفر تمدد حاملات اللون التي هي من نفس اللون، ثم ان الحالة المتمددة تشجع على تكاثر حاملات اللون بنتائج واضحة * وعلى العكس فإن استمرار انقباض حاملات اللون ينتج عنه تقليل الصبغ وتنقبض مساحات اللون المختصة.

ولا يعرض السمندل تغيير اللون بمعنى المصطلح العادي ولكن هذه الزيادة في أحد الأصباغ أو النقص في صبغ آخر تعرف بتغيير اللون "الشكلي" تمييزًا له من تغيير اللون السريع والأكثر شيوعًا (الفسيولوجي)، وتمييز المصطلحين ليسا إلا للتيسير. وبينما يستطيع السمندل أن يعرض تغيير لون شكلي فقط تعرض الضفدعة والسمكة المفلطحة والجمبري تغيير لون فسيولوجي أثناء ضبط سطح وقتي خلال الظلام، ولكنها تعرض أيضًا تغيير لون شكلي لو احتفظ بها على سطح ذات لون واحد سائد لمدة أيام أو أسابيع إذا احتاج الأمر. وتزداد أصباغ حاملات اللون المتمددة بينما تقل أصباغ حاملات اللون المنقبضة، والإقامة الطويلة في الظلام يتبعها نتائج نسبية ويظهر هذا بوضوح في الهيئة الشاحبة اللون في كثير من الحيوانات التي تقطن الكهوف.

وجميع البرمائيات لها حاملات ملنين بشرية وجلدية وحاملات لون برتقالي أو أصفر. وقد يوجد في بعضها أيضًا صبغ أبيض معتم في خلايا صبغ متحركة، ولكنه يكون عادة في بقع متوازية غير منتظمة، ويحدث في

* يظن أن الهرمون الذي يسبب انتشار الصبغ يسبب أيضًا زيادتها والعكس بالعكس.

البعض خصوصًا ضفادع الشجر لون أزرق تركيبي يهيئ لألوان خضراء زاهية. ولا يوجد بين كل هذه الأنواع المتعددة من الضفادع والعلاجيم مماثلة تامة في مسلك حاملات اللون وسيطرتها، ويتأثر الجهاز الصبغي مباشرة بالضوء بدرجة أكبر أو أصغر ويكون كل من حاملات الملنين وحاملات اللون الأصفر تحت سيطرة الهرمون. ولكن قد يكون لحاملات اللون الأصفر حد منخفض للاستجابة. وحاملات الملنين الجلدية هي الأكثر ثباتًا في استجابتها وهذه هي التي تستخدم في أكثر دراسات تغيير اللون.

ويعمل كل من الجلد والعيون كمستقبلات للمؤثرات العديدة التي تستدعي تغيير اللون (انظر الفصل العاشر) وتكون الاستجابات فيها أسرع منها في الأسماك الصفخيشومية، ويمكن أن يشاهد الضبط لسطح جديد ظاهرًا بوضوح بعد عشر دقائق أو ما يقرب من ذلك ولو أنه قد تمضي ساعة من الزمن قبل أن يكون التغيير ملفتًا للنظر وتحتاج تفصيلاته النهائية إلى عدة ساعات قبل أن تكتمل. ويتكون في الغدة النخامية هرمونان يحددان ملاءمة أساسية للسطح. فالاستجابة لسطح داكن متوقفة على إفراز من الجزء الأوسط (للغدة النخامية) والاستجابة لسطح باهت متوقفة على إفراز من الجزء الدربي "أو أي عضو يتوقف نشاطه على الإفراز الأخير". ويستحث أحد الهرمونين أو الآخر للعمل أو يستحث الاثنان للتنافس تبعًا لجزء شبكية العين الذي يحدث أن ينبه بالضوء (انظر فصل ١١). وكانت التجارب والمناقشات التي بينت فعل الهرمونين في

السيطرة على تغيير اللون في الصفخيشوميات والبرمائيات من عمل الأستاذ هجين ومعاونيه.

وكان معروفًا منذ بضع سنين أن إفراز الفص الخلفي من الغدة النخامية يسبب تمدد حاملات اللون، ولكن ما يسبب انقباضها ما زال موضع الحدس. وتنقبض حاملات اللون أغلب الحيوانات إذا حقنت بالأدرنلين ولكن ليس هناك ما يؤكد أن حاملات اللون تسيطر عليها هذه الطريقة حقيقة تحت ظروف طبيعية. ووجه الانتباه ثانية إلى الغدة النخامية، هذه الغدة المركبة بمناطقها ووظائفها المتعددة، وصمم باحثون مختلفون على أن انقباض حاملات الملنين هو فقط نتيجة لاسترداد الهرمون الذي عندما يوجد يسبب تمددها.. وبمعنى آخر فإن هرمونًا واحدًا هو المسئول عن مجال اللون كله، ونوقض هذا الرأي بمشاهدات أخرى دقيقة خاصة بكل من الوقت ومدى تغييرات اللون، وهناك صعوبة كبيرة في عمل تجارب خاصة بالغدد النخامية لأن إفرازات أي فص أو منطقة تسبب نتائج فسيولوجية مختلفة بالإضافة إلى ما قد يكون لها من أي تأثير على خلايا الصبغ. وتغذية الغدة بالدم تزيد الموضوع تعقيدًا أيضًا لأنه يوجد في أحد أجزاء الغدة أثر من إفرازات الجزء الآخر لأن نظام الدم بابي.

وتعرض حاملات اللون مراحل عديدة بين تمدد تام وانقباض تام، وأدخل هجين فهرسًا لحاملات الملنين ليمكن عمل وصف دقيق لهذه المراحل على اعتبار أن الانقباض التام هو م ١ والتمدد التام هو م ٥، وهذا يحل محل المصطلحات الأخرى مثل "تمدد جزئي"، كما يكشف عن

حقائق قد يغفل عنها بدونه، ومن المعروف منذ زمن بعيد أن جميع الكائنات التي تتمتع بميزة تغيير اللون تقريبًا تصير باهتة نوعًا في الظلام. والمشاهدة الدقيقة تضع حالتها عند م ٣ أو م ٢,٧ أي الحالة الوسطى التي تتميز عن الحالة الباهتة على سطح أبيض في ضوء النهار حيث يكون الفهرس م ١ إلى م ١,٦ ، ومع ذلك فإن الوسائل الأكثر أهمية في تتبع خط سير الحوادث وتفسيرها، هي تسجيل الوقت في تغييرات اللون المختلفة ومقارنة نتائج الرسم البياني.

فإذا سلمنا جدلاً أن الرأي المنادي بفكرة الهرمون الواحد صحيح حينئذ (ا) الوقت الذي سجل في التغيير من سطح أبيض إلى سطح أسود هو الوقت الذي سجل لاستبعاد الهرمون "و" بعد أن توقف مؤثر السطح، ولا بد أن تكون كمية كافية من الهرمون "و" استبعدت لنقل الفهرس م من ١,٥ إلى ٤,٥ . (ب) الوقت الذي سجل في التغيير من سطح أبيض إلى سطح داكن هو الوقت الذي سجل لاستبعاد هرمون "و" بكمية كافية لنقل الفهرس من ١,٥ إلى ٣ ويجب أن تأخذ العملية (ب) أقصر وقت، وهي فعليًا تأخذ أطول وقت، ويمكن تفسير هذا التناقض إذا كان لنا أن نتعامل مع هرمونين متنافسين. والوقت الطويل الذي يؤخذ في التغيير من سطح أبيض إلى سطح داكن هو الوقت الذي يؤخذ لاستبعاد هرمون "و" الزائد عن الهرمون ب (سطح أسود) الذي ينتج في نفس الوقت. وتبين خطوط أخرى للإثبات أن سرعة إنتاج واستبعاد أحد الهرمونين تكون أسرع منها في الأخر. والرسم البياني الذي يبين أوقات وصفات أطوار تغيير اللون

كلها الليجيا قد يشار إليها من أجل التفصيلات * ويكون مسلك حاملات اللون في هذا الحيوان متناسبًا مع مسلك حاملات اللون في البرمائيات.

بـ السيطرة العصبية

الزواحف: تحدث حالات تغيير اللون في الزواحف بين مجموعة العظايا، وتوجد في مناطق العالم الأكثر دفئًا أنواع كثيرة من العظايا بما فيها الحرباء، وبعضها مثالي للغابات والبعض الآخر للأماكن العارية، وأجريت بحوث على عدد من العظايا المستوطنة في أمريكا، مثل الفريزنوما "العلجوم المقرن" وأنواع مختلفة من الأنولس وسحلية الأجوانا وتركزت البحوث في الدنيا القديمة على الحرباء. وهناك اختلاف كبير في التقارير التي أعطيت من باحثين مختلفين، ويبدو أنه ليس في الإمكان حتى الآن صياغة أية نظرية عامة تضم كل الحقائق.

وبعض العظايا لها حاملات ملنين في جلدها فقط وتختلف ألوانها من أسمر باهت إلى أسمر داكن أثناء ملاءمتها للسطح، وبعضها كالأنولس مثلاً لها أصباغ تسمح بتأثيرات لونية أخرى عديدة (انظر الفصل الثالث) في حين أن الحرباء لها أربعة أنواع واضحة من الطبقات المنتجة للون في جلدها، ومع ذلك فحاملات الملنين في جميع الحالات هي المسئولة عن

---

* انظر ملحق ٣.

التغييرات المنظورة بواسطة تحركات محتوياتها وهي إما أن تغطي أو تبين الأصباغ الأخرى.

ويتفق جميع الباحثين على أن الضوء ودرجة الحرارة يلعبان دورًا مهمًا في تغيير لون الزواحف، وليس هناك أي شك في أن درجة الحرارة المرتفعة تسبب شحوبًا تحت ظروف تجريبية. ومع ذلك فالدور المهم الذي تلعبه "درجة الحرارة المرتفعة" تحت الظروف الطبيعية ما زال موضع البحث. ولا تتمكن الحرابى أن تحتمل حرارة عالية وهي تتوارى عميقًا في ظل الأوراق في الأيام الحارة، ولو أنه توجد عظايا صحراوية أشد تحملاً منها في هذا الخصوص.

وجميع العظايا التي تعرض تغيير لون تصير باهتة في الظلام، وقد تتظاهر الأنواع الأمريكية بإعطاء ملاءمات السطح العادي، ولو أن المعلومات التي ذكرت في هذا الصدد فيعطي نوع من الأنولس نتائج إيجابية، وهذا شاذ للقاعدة العامة. وفي هذا النوع تتحول قطعة معزولة من الجلد إلى اللون الأسمر في الضوء الشديد وإلى اللون الأخضر في الظل وتستمر على هذه الانفعالات إذا حركت هنا وهناك لمدة ساعات.

مسالك اللون وآليته في الحرباء

إن الظروف التي تحدث فيها تغييرات اللون في الحرباء هي كما يلي؛ فهي تتجاوب مع نسق لون سطحها وتصير باهتة على سطح باهت وداكنة على سطح داكن، وإذا كان أحد أجزاء جسمها مضاءً بشدة عن

جزء آخر يصير ذلك الجزء المضاء بشدة أدكن من الآخر وتصير باهتة تمامًا بالليل أو في ظلام صناعي وتكون داكنة في غسق الفجر أو عتمة الغروب.

وأول نقطة للبحث هي حساسية الجلد الشديدة للضوء، فهل هذا تأثير ابتدائي لضوء ليست له سيطرة بأية طريقة من الجسم عامة؟ أما فيما يختص بالحرباء فلا يوجد بها تأثير ابتدائي للضوء، وينبه الضوء خلايا حسية أو "مستقبلات جلدية" في الجلد، ومن هذه تمر الأعصاب إلى الحبل الشوكي ومن الحبل الشوكي تعود أعصاب أخرى إلى خلايا الصبغ وتكون شكل قوس انعكاس، وعلى ذلك فالضوء الساقط على الجلد يسبب انعكاسيًا تمدد حاملات الملنين وتحدث دكنة اللون.

أما بخصوص الدور الذي تلعبه العيون فلها بالطبع مستقبلات في الشبكية تنبه عندما يسقط الضوء عليها ويمر المؤثر في الأعصاب البصرية وخلال المخ والحبل الشوكي وبواسطة أعصاب فرعية إلى حاملات الملنين، ومن حيث أنه توجد كل من المستقبلات الجلدية والشبكية فقد تحدث ظروف ينتج عنها الجذب من جهات متضادة.. وتدل المستقبلات الجلدية أحيانًا إلى "تمدد" بينما تدل المستقبلات الشبكية على "انقباض". وعندما يحدث هذا فأحيانًا يتغلب مؤثر واحد على الآخر وأحيانًا يتعادل المؤثران. والحالة التي تمنع المنافسة في ظروف خاصة هي هذه: تكون المستقبلات الشبكية أكثر حساسية للضوء عن المستقبلات الجلدية وتكون الحرابي داكنة في الضوء المعتم وقت الغروب والفجر (لا إلى نهاية الحد الأكبر)

كنتيجة لتنبيه المستقبلات الشبكية فقط. ولوحظ نفس هذا اللون الداكن في الحرابي وفي أنواع أخرى من العظايا عندما تكون مستريحة على سطح من أي لون في ضوء ضئيل – مثلاً على الأرض الأسفلت تحت مقعد في المعمل أثناء النهار – وهي تأخذ بالتحديد ضوءًا أشد قوة لتدعو المستقبلات الجلدية للعمل.

وحينئذ لدينا طريقان معروفان لمجرى الحوادث التي تسبب تمدد حاملات الملنين: (١) الضوء القوي يؤثر على المستقبلات الجلدية (٢) الضوء الضئيل يؤثر على المستقبلات الشبكية.. ولم تدخل مسألة السطح حتى الآن في الموضوع، وبمقارنة هذا الأمر الواقع في أن حاملات الملنين تنقبض في الظلام نواجه بهذا الاختيار: هل حالة انقباض حاملات الملنين في الظلام هي حالة تراخ أو هل تبقى في حالة انقباض مقوى بواسطة تأييد عصبي؟ وتبين التجربة أن الاختيار الثاني هو الصحيح. وفي الظلام تبقى حاملات الملنين في حالة انقباض (بالمقارنة لتوتر في عضلة لا إرادية) بواسطة بواعث صادرة خلال خيوط عصبية محركة من الجهاز المستقبل ذاتيًا ويكمن الدليل غالبًا في حقيقة أن مؤثر العصب الطبيعي يمكن أن يكون نسخة طبق الأصل (مقلدًا) بواسطة مؤثر كهربائي مناسب.

وحينئذ يجب أن يكون تمدد حاملات الملنين نتيجة لتثبيط بواعث سمبثاوية، وتنبيه أي مستقبل من المستقبلات الجلدية أو الشبكية يمكن أن يطلق الحالة للانقباض المقوي.

واستجابات الحرباء لسطوح مختلفة لها أن تعتبر الآن، وتعمل ثلاثة عوامل منفصلة في ضوء شديد وعلى سطح داكن من أجل الدكنة: (١) المستقبلات الجلدية التي تستجيب لضوء شديد بأن تسبب انعكاسيًا تمدد حاملات الملنين. (٢) المستقبلات الشبكية التي عندما تنبه حتى بواسطة ضوء ضئيل تحدث دكنة الجلد. (٣) عدم وجود ضوء منعكس: يكون الحيوان على سطح يمتص الضوء، وعلى ذلك فالضوء المباشر من السماء هو حقيقة النوع الوحيد الذي ينبهها وحينئذ فحالة الدكنة في الحرباء على سطح داكن لا تشمل أي تفسير صعب.

وأول شيء يلاحظ في حالة حرباء باهتة على سطح باهت في ضوء ساطع هو أنها لا تصير مطلقًا باهتة تمامًا كما لو كانت في الظلام. ولا يمكن التغلب على فعل الضوء على كل من الجلد والشبكية مطلقًا وهو يعمل على تمدد حاملات الملنين ويكون هناك حالتان تقاومان ثالثة. فمجموعة واحدة من بواعث سمبثاوية تميل لأن تبقى حاملات اللون منقبضة، وقد تدعوها المستقبلات الجلدية لأن تتمدد، كما قد تدعوها المستقبلات الشبكية التي تنبه بواسطة سطح عليه ضوء مبعثر لأن تنقبض. وتكون المستقبلات الجلدية والشبكية كما لو كانت تتنافس الواحدة ضد الأخرى تمامًا وتبقى حاملات اللون غالبًا تامة الانقباض.

ويظهر حينئذ أن كل خلية صبغ في الحرباء تنشط بواسطة خيوط عصبية صادرة من مكان ما من الجهاز العصبي المستقل ذاتيًا (السمبثاوي) ويكون مجال اللون كله من طبيعة فعل منعكس غير إرادي يستدعى للعمل

خلال مستقبلات عصبية في الجلد والعين. ومثل هذه الألفاظ "تصف" ما يحدث ولكن لا تشرحه بأي حال. ونجد جهازًا عمله غير واضح ومعقد وهذا من خواص المادة الحية عالية التنظيم، وهذا كل ما يمكن أن يقال بالتحديد.

وعلى ذلك فالدراسة الوحيدة على الحرابي التي بحثت فيها سيطرة الجهاز العصبي بنتائج مرضية حتى الآن هي التي تكون حاملات اللون فيها تحت سيطرة الجهاز العصبي كلية. وكان مقترحًا للعظايا الأمريكية السيطرة التي تحدث بهرمونات من الجسم على الأرجح بالأدرنلين مع تأثير درجة الحرارة وتأثير الضوء الابتدائي.

والوقت الذي يؤخذ لاستجابات اللون قصير جدًا وهذه صفة أخرى تساند أرجحية السيطرة العصبية. والحرباء الداكنة التي تسقط في ماء بدرجة حرارة ٣٧° سنتيجراد تصير باهتة في دقيقة واحدة وتأخذ اللون الباهت الموضعي في الجلد وهي في الظل في مدة دقيقتين. وتصير كل من الحرباء ونوع من الأنولس سمراء في الضوء في مدة ٤,٥ دقيقة وخضراء في الظل في مدة ٢٠ دقيقة. قارن هذا بالساعات أو الأيام التي تأخذها البرمائيات والصفخيشوميات لتغيير اللون بالسيطرة الهرمونية.

جـ - السيطرة العصبية متحدة مع السيطرة الهرمونية

تليوستات (الأسماك العظيمة): تحتوي أصباغ الأسماك على ملنين أسود إلى السمرة ونوع آخر من الصبغ يعرض جميع درجات اللون من

الأحمر إلى الأصفر وتوجد بقع صبغ بيضاء ثابتة مختلطة معها وتحتها. وتوجد حاملات الملنين فقط في أسماك خاصة مما يؤدي إلى أنها تعرض مجرد تغيير في شدة اللون من أبيض إلى رمادي إلى أسود، كما يحدث تغيير لون حقيقي في أسماك بها أنواع كثيرة من الأصباغ. وهناك أسماك كثيرة لها القدرة على السيطرة الشكلية البطيئة بالإضافة إلى تغيير اللون الفسيولوجي السريع الذي يختص ببحثه هذا الفصل؛ فمثلاً إذا وجدت سمكة مفلطحة نفسها على رمل أبيض أو أصفر غير عادي أو على حصى مشتق من بعض الصخور ذات اللون الأحمر أي أن الأحوال الطبيعية غير كافية، فإنها لا تتناسق تمامًا مع ما يحيط بها ولكن بمضي الوقت يظهر اللون المطلوب وينتج صبغ إضافي من الأحمر أو الأصفر أو الأسود أو الأبيض حسب ما تدعو الحالة، كما تزال الكمية الفائضة من أي صبغ آخر. وشوهد هذا بالاحتفاظ بأسماك مفلطحة لبضع أسابيع في أحواض لها أرضية بألوان مناسبة بمربي الأسماك. ولضبط التجربة احتفظ بأسماك أخرى في أحواض بأرضية رمادية من نفس النسق أو البريق.

إن ظواهر تغيير اللون في الأسماك العظمية تفهم في الحال على ضوء نظرية التطور للمسلك اللوني التي وضعها هجين ولندجرب؛ فأولاً توجد سيطرة هرمونية ثنائية بواسطة الغدة النخامية ويسبب الهرمون "ب" تمدد حاملات الملنين والهرمون "و" انقباضًا كما في البرمائيات والأسماك الغضروفية، وتكون السيطرة العصبية في جميع الأسماك العظمية متفوقة على السيطرة الهرمونية الثنائية، ويستمر الهرمون "ب" في ممارسة وظيفته ولكن

فعل الهرمون "و" يستبدل بمقدار أكبر أو أصغر بسيطرة الجهاز العصبي. وسنوضح هذه النظرية بالإشارة إلى المسلك اللوني في سلسلة من الأسماك.

ثعبان سمك: إن ثعبان السمك هو النوع الوحيد من بين الأسماك العظمية المعروفة حتى الآن بأن لها تغيير لون تسود فيه الطريقة الهرمونية القديمة وتكون سيطرة اللون فيها بطيئة حتمًا ويتكون هرمون "ب" الذي يسبب التمدد في الفص الخلفي من الغدة النخامية وهرمون "و" الذي يسبب الانقباض في النصف الأمامي من هذه الغدة. ويمكن إزالة الغدة النخامية من ثعابين السمك تحت تأثير المخدر بدون التعرض لحياتها العادية، وبعد إزالة الغدة تصير الثعابين الداكنة باهتة تدريجيًا حتى تكون حاملات الملنين في حالة وسط ولكنها مع ذلك تعرض رد فعل محدود للسطح وتكون حاملات الملنين عند ٢,٧ بعد مدة ثلاثين دقيقة في الأحواض السوداء وعند ١,٨ بعد خمس وأربعين دقيقة في الأحواض البيضاء.

ومن الواضح أن حاملات الملنين لها طريقة سيطرة أخرى، ووجد أن التنبيه الكهربائي للحبل الشوكي في الثعابين سواء كانت الغدة النخامية موجودة أو منزوعة دعا حاملات الملنين بسرعة لتنقبض. وهذه وغيرها من الأدلة أدت إلى الخلاصة بأن حاملات الملنين تستقبل تأييدًا عصبيًا مباشرًا وهذه السيطرة العصبية كالسيطرة الهرمونية تلعب دورها بواسطة مستقبلات شبكية ولكن لا يكون للسيطرة العصبية في الحالات العادية أية أهمية في المسلك اللوني (التحذيري).

سمك أبو شوكة: لقد دلت المشاهدة العادية أن سيطرة السطح في الأسماك سريعة جدًا فهي تصير باهتة أو داكنة في ظرف أربع دقائق حسب ما تكون الحالة. ولكن المشاهدات المجهرية تبين أنه قد تمضي ساعتان قبل أن تبلغ حاملات الملنين نهائيًا ١,٣ على سطح أبيض و٤,٧ على سطح أسود. وكل جهاز لحاملات اللون إذا كان مسيطرًا عليه تمامًا بالأعصاب يجب أن يتم تأثيراته في ظرف خمس دقائق، وهذه الأطوار النهائية البطيئة التي تعرضها سمكة أبو شوكة توحي بفعل هرموني مضاف إلى فعل عصبي.

وتصير السيطرة الهرمونية حقيقية عندما يعتبر الوقت الذي تأخذه سمكة أبو شوكة لتضبط نفسها مع الظلام، وعندما تنتقل السمكة من سطح أبيض أو أسود إلى الظلام يمضي يومان قبل أن تبلغ حاملات الملنين حالة تعادل ٢,١ . ويتضح بمقارنة جميع ظروف السيطرة الهرمونية الثنائية المعروفة أنه عندما ينقل حيوان من ظلام إلى ضوء أو من ضوء إلى ظلام فإن هرمون "ب" يفرز أو يتخلص منه. وكلما يكون الحيوان في الضوء فكل نقل من سطح أسود إلى سطح أبيض أو العكس يكون مصحوبًا بإفراز من هرمون "و" أو التخلص منه بكميات مناسبة لكمية هرمون "ب".

وعلى ذلك فملاءمات السطح السريعة التي تعرضها هذه السمكة في الضوء (والتي تكون أكثر بطئًا تحت سيطرة الهرمون "و") يتكفل بها غالبًا الجهاز العصبي. والسطح العكسي هو أساسيًا تحت سيطرة الأعصاب

وتكتمل أطواره النهائية بواسطة هرمونات، بيد أن الضبط للظلام كله ذو علاقة هرمونية.

سمك سليمان وسمك زئبقي: يكون الضبط للسطح في هذه الأسماك أكثر سرعة عما هو في سمك أبي شوكة وقد يعتبر كله تحت سيطرة عصبية. والسمك الزئبقي (المينو الأمريكي) استعمل في دراسة تغيير اللون على نطاق واسع وكل حاملات الملنين فيه تحت سيطرة عصبية وكل منها يستقبل اثنين من الخيوط العصبية أحدهما من السمبثاوي والآخر من السمبثاوي الجانبي. ويسيطر النخاع المستطيل على الخيوط السمبثاوية ويؤدي تنبيه هذه الخيوط إلى انقباض حاملات الملنين. ويسيطر سرير المخ على الخيوط السمبثاوية الجانبية ويؤدي تنبيهها إلى تمدد حاملات الملنين. وتوجد أيضًا مراكز ثانوية في الحبل الشوكي تساعد في عملية السيطرة. وجنبًا لجنب مع هذه السيطرة العصبية الكاملة لحاملات الملنين وجد أن حاملات اللون الأحمر والأصفر التي تلعب دورًا بسيطًا جدًا في تغيير اللون خالية من أي تأييد عصبي وتتمدد بواسطة هرمون من الغدة النخامية أطلق عليه "انفندين" بواسطة جرزبرج الذي اكتشفه.

ومن الواضح أنه بينما تستطيع سيطرة الهرمون أن تتمم نتائجها فوق مساحات كثيرة تستطيع مساحات موضعية أن تعطي استجابات مختلفة في حالة تكوين سيطرة عصبية، وهذا يجعل الأشكال التي تتخذها الأسماك المفلطحة أثناء ملاءمتها والتغييرات المتقلبة فوق أجزاء محدودة كثيرة من الجسم التي تبديها الأسماك البراقة في الشعاب المرجانية والمياه

الاستوائية مرجحة. فإذا وضعت أسماك مفلطحة كالبلاس والفلاندر مثلاً في أحواض لها سطح من الحصى الرفيع أو الحصى الخشن تصير أشكالها مضبوطة ضبطًا مناسبًا، وحتى إذا وضعت على رقعة الشطرنج ذات المربعات السوداء والبيضاء فإن أشكالها ستكون صورة حسنة مطابقة تمامًا.

والعيون في هذه الأسماك كما في غيرها هي المستقبلات الوحيدة للمؤثر الصادر من السطح، والأسماك تتخذ الألوان والأشكال التي تراها بعيونها وتكون حاملات اللون والأعصاب التي تغذيها في مثل هذه الحالة قوية التنظيم تمامًا. ويبدو أن الأسماك تستطيع أن تحرك بقعًا خاصة من خلايا الصبغ بمثل ما تستطيع أن تحرك به مجموعات خاصة من عضلاتها. ولكن تكون السيطرة خلال الجهاز العصبي السمبثاوي ويكون انعكاسيًا بطبيعته ولا يمكن الظن بأنه مستبصر أو عمدي بأي حال.

فكسينوس: مينو: يسيطر على حاملات اللون في هذه الأسماك نفس التنظيم العصبي في الحرباء ما عدا أن الضوء المباشر لا يعمل على مستقبلتها الجلدية (في الجلد) ولكن على العضو الجداري.

الزواحف: تبدو السيطرة العصبية كاملة في بعض الزواحف ولكن لا يمكن استنتاج أن الهرمون لا يلعب أي دور إلا بعد إجراء تجارب كثيرة. ويساعد الأدرنلين في الأنولس حقيقة على استجابة اللون ويسبب "شكلاً" أرقط عندما يثار الحيوان.

د- حلقة بين السيطرة العصبية والهرمونية

قد يبدو عجيبًا لأول وهلة أن نوع المؤثرات نفسها أي حاملات الملنين يجب أن تكون تحت سيطرة الأعصاب في بعض الفقاريات والهرمونات في البعض الآخر، أو أنه يجب وجود نوع من السيطرة في الحيوان نفسه أيضًا للعمل تحت ظروف مختلفة.

واقترح الأستاذ ج. هـ. باركر منذ بضع سنين أنه من المرجح وجود حلقة ضيقة بين فعل الهرمونات وفعل الأعصاب على حاملات اللون – يعني أن العصب ينقل مؤثره بواسطة إفراز مادة ما عند نقطة اتصاله بحاملات اللون. والمؤثر الحقيقي المطلوب لحاملات اللون قد يكون حينئذ من طبيعة كيماوية في كلتا الحالتين. وبني هذا الرأي على الاستكشاف المهم بأن فرع العصب الطواف الذي يغذي القلب يطلق مادة كيماوية عندما ينبه، وتم تحليل هذه المادة الآن وهي تعرف "استيل كولين". وتشير أدلة كثيرة إلى الاستنتاج بأن الأعصاب الإرادية والأعصاب السمبثاوية الجانبية في الفقاريات كلها تطلق استيل كولين عندما اتصالها بالعضلات والغدد وخلايا الصبغ ومؤثرات أخرى. وتنتج أعصاب من الجهاز السمبثاوي مادة تعمل بطريقة مناسبة على المؤثرات التي تغذيها وتعرف بالسمباثين. وليست حاملات اللون هي المؤثرات الوحيدة التي يمكن تنبيهها بالتساوي بواسطة الهرمون أو بواسطة العصب، وجميع الأعراض التي تصاحب حالة من الخوف أو الغضب تقريبًا والتي تعتمد على تنبيه العضلات اللا إرادية يمكن إيجادها إما بواسطة الأدرنلين أو بواسطة تنبيه الأعصاب السمبثاوية.

ومع ذلك تكون المادة التي يفرزها عصب والتي تمسى، سائلا عصبيا مميزا من الهرمون الحقيقي. ويظل غير محقق حتى الآن إن كانت الأعصاب تثير مؤثراتها بطريق كيماوية أو بواسطة فعل تقطيب الأيونات عند الغشاء الفاصل.

□

الفَصل الحَادي عشَر

الرؤية في دنيا الحيوان

من الأفضل أن نتذكر في البداية أن العين هي لفظ عام، وكل نوع من العيون يعرض حساسية خاصة للضوء، ولكن باستثناء هذه المشابهة الأساسية فإن تركيب العيون والعمل الذي تضطلع به يختلف كثيرًا من حيوان إلى آخر.

وسيساعدنا تفسير موجز لمعنى "الرؤية" في الإنسان على مقارنة هذه الوظيفة بما يماثلها في الحيوان؛ فخلال عيوننا تستقبل مؤثرات من عتمة الضوء أو من بريقه ونقول مثلاً أن غرفة مضاءة جيدًا أو ضعيفًا وأن الليل مظلم أو ليس مظلمًا تمامًا، ونرى الأشياء بأشكالها وألوانها حتى وأنفسنا، وتسجل عيوننا الأشياء سواء كانت ثابتة أو متحركة. ومثل هذه الأحكام التي نصدرها كرؤية حجم الأشياء وبعدها عنا وحركاتها المناسبة ما هي إلا تصورات نفسية مسهبة نتيجة للتركيب الذي وضع بواسطة المخ على المدلولات التي قدمتها العيون. وعلى ذلك قد يقال أن "ما يراه" الحيوان يتوقف على طبيعة عيونه مع تركيب ومقدرة جهازه العصبي.

والبروتوبلازم في الخلية الحية هو ذاته حساس للضوء، فمثلاً تظهر حساسية الكائن وحيد الخلية كالأميبا للضوء من تحركه نحو هذا الضوء أو من التباعد عنه حسب درجة بريقه. ويدل مصطلح الحساسية على الشعور

بمؤثر مع الاستجابة لذلك المؤثر. ويمكننا القول بأن حيوانًا يشعر بتغييرات في شدة الضوء لأنه يصنع تفاعلات خاصة لها. ويتحرك أخطبوط الماء العذب (الهيدرا) عالي التنظيم نحو كمية الضوء التي تلائم معيشته، بيد أنه عديم العيون وليست به خلايا حسية متخصصة في الاستجابة للضوء.

وتوجد في كثير من النباتات والحيوانات وحيدة الخلية بقع من الصبغ، ويمتص أي صبغ أجزاء خاصة من طيف النور ويعكس أخرى من واقع أنه ملون فقط. وتستخدم نقطة الصبغ لا لتزيد حساسية الضوء فقط بل وأيضًا لتحصرها في موضع واحد. والنقط العينية الملونة التي توجد في أنواع الحياة الدنيئة هي في العادة من الكرتين (معروف أنه مرتبط بالأرجوان البصري) أو الملنين الذي يمتص طيف النور كله أو جميع أجزائه تقريبًا. ولا ترتبط النقط العينية في أشكال الحياة وحيدة الخلية مع أي شكل من النسيج العصبي، وربما يحدث الضوء الذي يؤثر على الصبغ تغييرات كيماوية بسيطة تعطي المؤثر اللازم للحركة.

وإذا انتقلنا إلى رتب أعلى في المملكة الحيوانية نجد أنه يتكون فيها جهاز عصبي بتعقيدات متزايدة وتظهر مع هذا الجهاز العصبي خلايا عصبية من أنواع كثيرة متخصصة في الاستجابة لمؤثرات اللمس ودرجة الحرارة والرطوبة وهكذا، وتوجد بين هذه خلايا حسية – مستقبلات ضوئية – تكون على الأخص حساسة للضوء وتوجد طبيعيًا على سطح الحيوان، ويوجد من هذه الخلايا أنواع بسيطة جدًا بعضها عبارة عن خلايا طولية تبطن انخفاضًا دقيقًا مستدير الشكل في الجلد، وتوجد في بعض

قناديل البحر مثلاً "حفر عينية" من هذا النوع. وكل خلية حسية لها زائدة تمتد إلى الداخل لتتصل بشبكة العصب. وتوجد بين هذه الخلايا الحسية خلايا أخرى محتوية على حبيبات صبغية، كما توجد عند قاعدة الجلد في دودة الأرض "خلايا ضوئية"، وكل منها يحتوي على تركيب شفاف يشبه العدسة ويستخدم لتركيز الضوء على الخلايا الحسية. وحينئذ يوجد عنصران مميزان – أصباغ ماصة للضوء وخلايا حساسة للضوء – ويوجدان معًا في كل نوع من العيون من أبسطها إلى أكثرها تعقيدًا.

وقد يبدو أن الاستعمال الأساسي للعين هو الاستجابة لتغييرات شدة الضوء. وتستطيع كائنات عديدة سواء على الأرض أو في الماء أن تقوم بوظائفها في حدود مجال خاص من الضوء فقط. ووجود العين الحساسة للضوء يساعد هذه الحيوانات لتبقى في حدود هذا المجال، ويتبع هذا طبيعيًا أن كل نوع واحد من العين يقوم بوظيفته على الوجه الأفضل (أو فقط) في نوع الضوء الملائم لقدرته. ولا تستطيع العين في الكائنات الليلية كالبومة والوطواط والبشارة أن ترى كما يجب في ضوء الشمس الساطع تمامًا، كما أن الأنواع النهارية كالحمام والفراشات لا تستطيع أن تكتشف طريقها ليلاً لتطير، وأيضًا تستطيع أخرى كالقطة وأسماك خاصة وبراغيث البحر والجمبريات أن تستمر في حركتها أثناء الأربع والعشرين ساعة لأن عيونها مزودة بوسائل تضبط تغييرات واسعة من شدة الضوء.

ازدياد قدرة العين

بالنسبة إلى حجم العين في مثل هذه الكائنات كالقوقع وقنديل البحر ودودة الخرق صغير جدًا، وأجزاؤها المعرضة للضوء محدودة فإن أية حيلة تركز أكبر كمية من الأشعة على الخلايا الحسية هي في مصلحة هذه الحيوانات. ويكمل هذا النقص في أغلب الأحوال عدسة شفافة كروية أو بيضاوية حسب ما تتطلبه الحاجة. وحيث أن العدسة على بعد ما أمام الخلايا الحسية (شبكية العين) كما في عين الحبار وعين الحيوانات الفقارية فهي تستخدم أيضًا لتبرز صور أشياء خارجية على الستار الحساس، والعين التي تشبه "الطبق" تصير مثل "الفنجان" وأخيرًا تأخذ الشكل الكروي لأسباب آلية مصحوبة بزيادة في مقدرتها. ويبدو أن الشكل الكروي للعين يعطي نهاية عظمى لهذه المقدرة، وتوجد هذه الحالة في الحيوانات الصدفية (الرخويات) مثل القواقع الأرضية والبحرية والأسكلوب وكذلك في الحبار الذي تماثل عينه تقريبًا عين الحيوانات الفقارية في التركيب والقدرة.

وكثير من الديدان البحرية (الحلقيات) لها عيون كروية تامة التكوين كما في الحيوانات كثيرة الأشواك مثل الفيلودوس والنيرز وديدان البحر التي تسكن القاع (توموبتريس)، والعين في الفقاريات مطابقة لهذا النسق. والعين في مجموعة المفصليات الكبيرة لها سطح خارجي كروي غالبًا ولكن العضو كله يمكن مقارنته سطحيًا فقط بما يماثله في الأنواع الأخرى.

ماذا تستطيع أن تراه عيون الحيوانات ؟

توجد العيون في قناديل البحر على مسافات متساوية حول حافة المظلة وهي تتدرج في تركيبها من حفر بسيطة إلى كرات ضيقة، وبينما تنحصر وظيفتها الأكثر أهمية في الاحتفاظ بالكائن على عمق خاص في الماء حيث تكون شدة الضوء ملائمة رؤى أنها قد تساعد أعضاء التوازن أيضًا على بقاء قنديل البحر معتدلاً. وفي الحقيقة قد تكون العيون مفيدة جدًا في هذه الناحية في أنواع قناديل البحر الصغيرة التي ليست لها مثل هذه الأعضاء، فإذا مالت المظلة على جانبها فإن بعض العيون تضاء أكثر من البعض الآخر وتدعو مؤثر عدم المساواة الذي ينتج لتعديل حركات الحيوان. إن طبائع هذه الحيوانات وطبيعة جهازها العصبي تجعل من غير المرجح أن تكون العيون لها القدرة على تكوين صور المرئيات.

والبزاقات وقواقع الحديقة لها عين عند طرف ملامسها، والعين لها عدسة كروية وشبكية بها خلايا حسية وصبغ وهي حساسة جدًا للضوء الساطع، كما أنها من بين العوامل التي تجعل هذه الحيوانات مختفية أغلب الوقت أثناء ساعات النهار. ومن الجائز أن القواقع والبزاقات تحصل على تأثير بصري معتم من أشياء ذات حجم متوسط كورقة خس أو كسرة خبز أو حجر صغير مثلاً.

وتوجد على كل من جانبي الرأس في الديدان مجموعات من عيون دقيقة، وهذه لها فائدة عظمى في الإخبار عن الضوء المعتم من الضوء

اللامع وتحمي أنواعًا كثيرة من الديدان خصوصًا في أطوار حياتها الأولى من أن تعرض أنفسها للخطر أثناء وجودها على السطح العلوي للورقة التي تتغذى بها، بيد أنها توجه ديدانًا أخرى بألوان تحذيرية أو بشعر دفاعي إلى أماكن مضاءة جيدًا على الساق أو الأوراق. والعيون توجه الدودة بأن تتسلق نباتًا للتغذية أو تنزل عليه لتبحث عن مخبأ أثناء تشرنقها تبعًا لعمرها. والديدان "ترى الأشياء" ولكن على بعد حوالي بوصة ونصف بوصة فقط من عيونها.

والعناكب لها مجموعة من عيون صغيرة (عوينات) مرتفعة قليلاً عن سطح الرأس، وهي جميلة الشكل إذا فحصت تحت المجهر وكل واحدة منها تومض كأنها عين ثور دقيقة خضراء. وتميز بعض العناكب الضوء والظل والأشياء المتحركة لمسافة قصيرة نوعًا ولكنها لا تستطيع أن تتثبت منها بوضوح. ونظر العين في أنواع أخرى كالعناكب النطاطة طويل وجلي. ويصف برستو كيف أن الأشياء المتحركة تبقى تحت نظر العنكبوت النطاط الذي يحور الرأس صدرًا (الجزء الأمامي من الجسم) كله من جانب إلى جانب أو إلى أعلى بمثل هذه الحالة التي تبقى فيها الأشياء في حدود مجال بصرها.

وبراغيث البحر والجمبريات لها عيون حسنة التكوين من نوع مركب مثالي ولها إبصار واضح وحاسة لون، وهي تلاحظ الحركات التي تحدث على مسافة عشرة أقدام كلما أمكن رؤيتها بالطريقة التي تدير فيها عيونها لتلك الناحية. وهي تتبع بسرعة وبدقة أية حركة من يد أو ماسك

يتحرك فوق الماء في الحوض الذي هي فيه وقت الأكل، وتستمر مقدرتها على الرؤية عندما تستبدل الظلمة بضوء النهار لمدى قدرة عين الإنسان على الأقل فتستطيع تمييز اللون الأسود من اللون الأبيض. والسرطانات العوامة وأنواع كثيرة أخرى من القشريات بعيون ذات سويقة لها قوى للنظر مماثلة.

وكان هناك تضارب بخصوص طريقة إبصار العيون المركبة في الحشرات والقشريات، فهي مكونة على أسا مختلفة كلية عن النوع الكروي وحيد العدسة. وتحتوي العين المركبة على عدد كبير من وحدات عينية تامة (أوماتيدة = ذوات العيون الصغيرة)، وكل واحدة تشبه مخروطًا طويلاً رفيعًا وطرف قمته متجه إلى الداخل. وتبلغ العيون المركبة غاية تكوينها في الحشرات سريعة الحركة كالنحل والفراشات واليعاسيب ومختلف الذباب، وهنا تكون المساحة السطحية للعين كبيرة جدًا بالنسبة لحجم الجسم. والعيون محدبة بشدة "وبارزة" وينتج عن ذلك أنها ترى إلى الأمام وإلى الخلف كما ترى إلى الجانب، ومن الجلي أن مثل هذه العيون يكون المقصود منها النظر الشامل أو استقبال طول موجة.

ويجب أن تنسب السرعة التي تتحرك بها هذه الحشرات إلى نوع عينها، وتبدو الصور لعين الإنسان عند السفر بسرعة مناسبة كأنها تجري كلها معًا وتكون مطموسة. ولكن إذا كان هناك عدد كبير من الوحدات العينية فإن كل مجموعة منها تلي المجموعة الأخرى في النظر إلى المساحة نفسها دوريًا ويتباطأ استقبال المجال البصري، ومن المرجح أن النحلة تبدو

لنفسها أن تشرد بدرجة مريحة عن السرعة الكبيرة. وهذا النظر لمجال واسع من النظر المتكرر لمنطقة متوسطة تسمح للحشرات أن تعاير مكان الأشياء القريبة منها وعلى ذلك تتجنبها إن كان ضروريًا، فمثلاً يندر أن يتصادم الذباب في دورانه تحت سقف وكذلك الحال في الزوار من الحشرات التي تتحرك بسرعة متزاحمة حول مأدبة الرحيق كالأشنة المزهرة أو الصفصاف أو أقحوان ميكائيل.

أما فيما يتعلق بالاستثبات التفصيلي فأغلب الحشرات تكون قصيرة النظر، وذكر أن الفراشة ترى بوضوح فقط على بعد ثلاثة أقدام تقريبًا ولا ترى العلامات (دليل وجود الشهد) فوق أغلب الزهور بسهولة إلا في حدود ثماني عشرة بوصة أو ما يقرب من ذلك.

وتكون درجة الأيض البنائي (الاستحالة الغذائية) أو سرعة الحياة سريعة جدًا في الحشرات، وتكون سرعة ضربات الأجنحة في أنواع عديدة منها أسرع بكثير من أن تتبعها عيوننا، فتبلغ اهتزازات الجناح في الناموس مثلاً ٢٦٠ في الثانية الواحدة وفي الذبابة المنزلية حوالي ٣٣٠.

وليس عجيبًا أن تلاحظ عيون الحشرة الحركة جيدًا جدًا بشرط ألا تكون بطيئة جدًا. ومن الممكن عندما تصيد ذبابة على زجاج الشباك مثلاً أن نحرك اليد بسرعة نراها أنفسنا ولكن لا تلاحظها الذبابة كحركة. وثمة حشرات كثيرة لها إبصار لوني، وجاء ذكر هذا الموضوع في الفصل الثاني. أما بخصوص الرؤية في النمل وفي أنواع أخرى عديدة من الحشرات فليس

هناك إلا القليل بالنسبة إلى الإبصار كما نعرفه. فمثلاً تحمل الرأس في نملة الأرض الصفراء عينين مركبتين، وكل منهما له حوالي ثمانين عوينة وثلاث عيون بسيطة. والعيون هي مستقبلات لأطوال أمواج مختلفة تحتوي من بينها على الأرجح تحت الحمراء وأطوال أمواج صادرة من أشياء في حدود بعدها.

العين في الفقاريات

يتناسق التركيب العام للعين في الفقاريات في حيوانات هذا القسم من المملكة الحيوانية، ولكن توجد عدة اختلافات بسيطة تدل على أن كل الفقاريات لا ترى بنفس الطريقة تمامًا.

الاستثبات: أن عدسة العين في الحيوانات الثديية معلقة بأربطة تتصل بها زوائد هدبية تبرز من الجسم الهدبي. والجسم الهدبي عبارة عن شريط يلتف حول حافة الطبقية المشيمية للعين. ويوجد في الجسم الهدبي ألياف عضلية عاصرة عندما تنقبض تقترب الزوائد الهدبية من بعضها (كما هي الحال في عنق الجعبة عندما يضيق يجذب خيطها) وهذا يخفف من توتر أربطة العدسة، وتكون النتيجة أن العدسة تصير أكثر تكورًا وتتثبت من الأشياء القريبة. وعندما ترتخي العضلات العاصرة تشد أربطة العدسة بقوة عظيمة بواسطة الزوائد الهدبية وتنبسط العدسة وتأتي الأشياء البعيدة في حدود الاستثبات.

ولا تستطيع الأسماك من نوع القرش الاستثبات مطلقًا، ويجب عليها لكي ترى الأشياء بوضوح أن تسبح لناحيتها حتى يأتي الجسم في حدود مسافة استثباتها. وعيون الأسماك العظمية هكذا وضعت للنظر عن قرب. والعدسة في سمكة أبي شوكة عبارة عن كرة تامة غالبًا ويوجد انضغاط جانبي كبير نحو محور مار خلال النقطة العمياء والعدسة والقرنية. كما يوجد في العين قليل جدًا من نسيج عضلي وقليل من الاستثبات لو كان ممكنًا. ومع ذلك تستطيع العدسة في بعض الأسماك العظيمة (تليوست) بشيء من الجهد (دون تغيير في الشكل) أن تجذب إلى الخلف على مقربة من الشبكية جاعلة الإبصار البعيد ممكنًا.

ولا يمكن استثبات العدسة في الضفدعة أو سمندل الماء وبدلاً من ذلك فالجزء الأمامي للعين يتحرك إلى الأمام لإبصار قريب ويكون بروز العين هذا ملحوظًا جدًا عندما ترقب الضفدعة أو العلجوم أو سمندل الماء فريستها وهي على وشك القبض عليها.

المكان: إن المكان الذي توجد فيه العيون على الرأس موضوع له أهميته، فعلجوم جنوب إفريقيا الذي يقضي معظم وقته جالسًا القرفصاء بلا حراك على قاع بركة له عيون موضوعة على قمة الرأس ومعظم الفقاريات الأخرى لها عيون على جانبي الرأس كما في الأسماك والأرنب والحصان، وتبرز العيون ويستطيع الحيوان أن يرى كل ما حوله ولكن على الأرجح بطريقة عامة عما هي بطريقة محدودة بدقة. وتكون العيون في فصيلة القط وفي القرود والبوم في مقدم الرأس ويكون الحيوان أكثر قدرة

ليحكم على شكل الأشياء ومكانها. ويقال أن هذه الكائنات والإنسان لها نظر استرسكوبي (مجسم بالنظارة) أي أن محيطي إبصار العينين منطبقان على بعضمها. ومن الواضح أن الحيوانات بعيون ذات سويقات كالجمبري وجراد البحر من بين القشريات التي لها محيط إبصار أكثر اختلافًا وإحكامًا عن الحيوانات التي لها عيون لاطئة (ليست لها سويقات) مثل الليجيا وبراغيث الماء العذب.

الحجم: يبدو أن هناك نهاية كبرى لحجم العيون من أجل كفايتها بالنسبة لحجم الجسم، وعلى ذلك فالحيوانات الكبيرة كالفيل مثلاً ليست لها عيون كبيرة تتناسب مع أحجامها كما أن هناك نهاية صغرى للحجم من أجل الكفاية أيضًا. وبعض الفئران لها عيون في حجم رأس الدبوس فقط وتستطيع أن ترى على بعد ستة أقدام لا غير. وإذا قورنت عين الإنسان بهذه الثدييات الأخرى يوجد أن القزحية في هذه الأخيرة كبيرة نسبيًا وأن "بياض" العين (جزء من الصلبة التي هي إحدى طبقات العين) غير منظور أو يرى منه القليل ما لم يدر الحيوان عيونه.

شكل إنسان العين وحجمه

يوجد اختلاف كبير في شكل إنسان العين وحجمه؛ فهو كروي في الإنسان وأغلب الطيور، ورأسي في القطط المفترسة بينما يكون أفقيًا في الحيوانات الكالئة كالأغنام والماشية، وربما كان ذلك ليساعد على مجال إبصار واسع. وتحدث في الأبقار أحيانًا حالة غريبة تعرف محليًا باسم "عين

السلسلة" وهي عبارة عن قوس علوي وآخر سفلي من إنسان عين إضافي خارج إنسان العين العادي.

الشبكية: توجد اختلافات شاسعة في طبيعة الشبكية، ولكن نذكر أولاً كلمة عن تركيبها العادي؛ فيشتمل الجزء الداخلي من الشبكية على طبقات عديدة من النيرونات (خلايا عصبية وزوائدها أو خيوطها)، ثم يلي هذه طبقة الخلايا العصبية المحتوية على القضبان والمخروطات، وتشغل هذه الطبقة في الإنسان حوالي خمس سمك الشبكية كلها، ويوجد تحتها طبقة محتوية على صبغ ولها فروع ممتدة بين القضبان والمخروطات التي تعلوها. وعلى ذلك يوجد جزءا العين – الخلايا الحسية والصبغ – ويضاف إلى هذه كتلة من النيرونات تنحصر وظيفتها في حمل المؤثرات من الخلايا الحسية إلى المخ. والبواعث الكهربائية التي تعقب الإنارة هي طرق اتصال فسيولوجي بين الشبكية والمراكز العليا (الأستاذ جرانيت). وتوجد في الإنسان والنسانيس والقرود مساحة تسمى "النقطة الصفراء" تقع في مواجهة مركز العدسة وعلى أحد جوانب "النقطة العمياء" حيث يخرج العصب البصري من العين. وتكون الخلايا الحسية هنا أكثر عددًا منها في أجزاء أخرى من الشبكية. وعندما ينظر الإنسان إلى شجرة مثلاً فإن عضلات العين تدير المقلة حتى تكون النقطة الصفراء في كل عين على خط مباشر مع الشجرة ثم ترى الشجرة واضحة على قدر استطاعته، وحينئذ فالإنسان والحيوانات الرئيسية لها منطقة مختصة في الشبكية وهذه مع النظر بالعينين تعطيه نظر العين الذي يكون على الأرجح أحد مما هو في أي حيوان ثديي آخر.

ووجد الدكتور لندساي جونسن الذي درس الشبكية في الإنسان وفي ثدييات مختلفة أن لونها وتغذيتها بالدم وكذلك شكلها ولون النقط الصفراء والعمياء تختلف كثيرًا. ووجد مثلاً أن الشبكية في عين داكنة لفتاة إنجليزية كانت من لون داكن عام (ويمكن رؤية الشبكية تحت ظروف إضاءة خاصة بالنظر خلال إنسان العين) بأوعية دموية كبيرة مشععة من النقطة الصفراء. وكانت الشبكية في الزنجي كلون الشيكولاتة بنقطة بيضاء في الوسط، والنقطة العمياء صفراء داكنة، وكانت كلتا النقطتين الصفراء والعمياء محاطتين بشبكة واضحة من خيوط عصبية. وسبع البحر له شبكية صفراء باهتة براقة بنقط خضراء ونقطة عمياء سمراء إلى الحمرة بمحيط أخضر. والفيل الإفريقي له شبكية صفراء باهتة ومغطاة بأعداد كبيرة من البقع السمراء غير المنتظمة، وكانت الشبكية في جميع الثدييات الأخرى التي درست مميزة تمامًا.

ولا يعرف حتى الآن كيف تؤثر هذه الاختلافات على نوع التأثيرات التي تستقبلها العين، ولكن يبدو من المحتمل أن الجو وحالات الإضاءة التي يوجد فيها الحيوان الثديي أو الجنس المختص من الناس طبيعيًا لها علاقة بمثل هذه الاختلافات.

وتظهر عيون المواطنين في روديسيا حيث الشمس كعدو أكثر مما هي صديق، إنها ملائمة للضوء الاستوائي بكونها أقل حساسية لكمية كبيرة من فوق البنفسجية ولتحت الحمراء عما هي في حالة الأوربيين. ويلاحظ أن المواطنين في روديسيا تستمر قدرتهم على الرؤية بوضوح في ضوء الليل

المعتم أكثر مما نستطيع ولكنهم عمي نسبيًا في الضوء الكهربائي، كما أن طريقة النظر عندهم مختلفة. ووجد أنهم لا ينظرون إلى الصورة كما نفعل بل ترى عيونهم زاويتها اليسرى من أسفل أولاً، وتدور حول الحافة، ثم تأتي إلى الوسط.

عمل الخلايا الحسية والصبغ في شبكية عين الإنسان

إن الشبكية، هذا التركيب الرقيق سريع التأثير الذي يشمل في الإنسان (في العينين مشتركتين) مساحة تبلغ ثلاث بوصات مربعة تدور عليها عملية الاستجابة لموجات شمسية كهربائية مغنطيسية خاصة بمثل هذه الحالة التي تحدث بها مؤثرات يمكن تحويلها بواسطة الجهاز العصبي إلى تأثيرات شدة الضوء واللون والغسق وشكل الأشياء. فما هي المستلزمات التي تزود بها لمثل هذه العملية المهمة.

والخلايا الحسية في شبكية عين الإنسان على نوعين: قضبان ومخروطات، وتحتوي النقطة الصفراء على مخروطات فقط، ولكن تكون القضبان أكثر عددًا من المخروطات في أي جزء آخر. وكلما تكون المسافة بعيدة عن النقطة الصفراء تكون نسبة القضبان أكبر حتى لا يوجد عند حافة الشبكية من المخروطات إلا ما ندر. وتمتد زوائد محتوية على صبغ من الطبقة الصبغية بين الأجزاء الخارجية للقضبان والمخروطات (أي الأجزاء الأقرب إلى خارج الحدقة) ويستقر الصبغ الذي يعرف بالأرجوان البصري على سطح القضبان.

حساسية الضوء: إن الطريقة التي تستجيب الشبكية بها لتغييرات في شدة الضوء هي كما يلي:- تختص القضبان وما يصاحبها من أرجوان بصري بالإبصار في الليل وفي الغسق ويتجمع الأرجوان البصري أثناء الظلام ويبيض لدرجة متزايدة بازدياد الضوء. ويستنتج أن البريق الظاهر لأي منبع ضعيف للضوء يختلف مباشرة مع النشاط الذي يمتصه الأرجوان البصري. ومحيط الشبكية الذي يستقبل أقل ضوء عن أي جزء آخر والذي يحتوي غالبًا على قضبان له حساسية عظمى للضوء المعتم جدًا، وعلى ذلك فمن الأفضل مثلاً أن ينظر إلى النجم الخافت جدًا من الجانب. ومن المرجح أن المخروطات لا تنبه مطلقًا في شدة ضوء أقل من ٠,١ متر شمعة ولكن "ندين بإحساسنا للبريق إلى نشاط المخروطات في درجات إضاءة مختلفة تؤدي فيها وظيفتها (ولمر)".

إبصار اللون: كانت آلية إبصار اللون موضوع تجارب وأبحاث طويلة، وقد تستمر على ذلك ولكن طرق البحث الحديثة كان لها فضل كبير في زيادة المعلومات عن الحقائق الفسيولوجية المختصة. والشحنات الكهربائية التي تطلق بواسطة الشبكية عندما تنار بطرق متعددة يمكن توجيهها من الخيوط العصبية في الشبكية أو العصب البصري، وهذه الشحنات الدقيقة تقوى وتسجل، وتتحقق بهذه الطريقة وغيرها حساسية الشبكية لأطوال أمواج طيف النور المختلفة.

ويقترح ولمر أن كلا القضبان والمخروطات هي المختصة في إبصار اللون، وأنه لا بد من وجود نسبة خاصة من البواعث التي ترسل من

القضبان والمخروطات لأي واحدة من أطوال الأمواج. ومع ذلك يبدو أن الأبحاث التي قام بها أخيرًا بيرنا تقرر أن المخروطات فقط تكون وسيطة لإبصار اللون. وحينئذ فإن منطقة النقطة الصفراء الخالية من القضبان هي أحسن منطقة في هذا الخصوص. واستنتج يونج (١٨٠١) على أسس منطقية أنه توجد ثلاثة أنواع من المستقبلات بحساسيات طيفية مختلفة (وسيطة للألوان الثلاثة الابتدائية). وهذا الاستنتاج يتوافق مع حقائق إبصار لون عادي. ومن الحقيقة المعقولة أن هذه الأنواع الثلاثة من المستقبلات توجد في منطقة المخروطات ولو أن التأييد التشريحي لهذا الافتراض لم يظهر حتى الآن.

مواد حساسة للون: توجد في الشبكية مواد كثيرة حساسة للون، وهذه بلا شك تجعل عمل القضبان والمخروطات ممكنًا أو تزيده. ويوجد في شبكية عين الأسماك مثلاً صبغ أصفر يجب أن يكون ماصًا للون الأزرق. ويقترح الأستاذ جرانيت أن الأرجوان البصري هو أصل المادة في الكثير منها حيث أن جزيئها يحتوي على نواة بروتينية تستخدم كحامل لنحو عشر مجموعات من حاملات اللون، وكتب داكن من قبل "أن بروتوبلازم الخلايا المتخصصة في العمل كخلايا مستقبلة لأمواج الضوء يحور على ما يظهر ومن المرجح أنه يحتوي على مواد تتغير كيماويًا وطبيعيًا بالضوء".

صور الأشياء: تتكون صورة الأشياء الخارجية أولاً بواسطة العدسة وتبرز بعدئذ على الشبكية، وتلتقط كل من القضبان والمخروطات أطوال الأمواج المختصة بها، وهذه تنقل بواسطة نيرونات الشبكية وترسل بالتتابع

إلى المراكز البصرية في مقدم المخ حيث تنتج أيضًا تأثير الصور بحيلة ما غير معروفة.

الشبكية في فقاريات أخرى

كان تعليقنا في الملاحظات السابقة منصبًا على شبكية العين في الإنسان، أما بخصوص الثدييات الأخرى فقد تؤخذ على أن كل قسم منها له ترتيبات خاصة وعدد نسبي من القضبان والمخروطات مع اختلافات في التلوين. وكحالة عامة تسود القضبان في شبكية الحيوانات الليلية والمخروطات في الحيوانات ذات العادة النهارية.

وأجريت أبحاث كثيرة على عيون السمك، وهذه تعرض فيما يختص بالشبكية مماثلة أقل بكثير عما هي في حالة الكائنات ذوات الأربع. وهناك نوعان على الأقل من المخروطات في شبكية الأسماك العظيمة، وفي بعضها لا يمكن عمل تمييز واضح بين القضبان والمخروطات مطلقًا. وبعد اكتشاف أن القضبان تسود شبكية الحيوانات الليلية عمل بحث (بايلس وليثجو وتانسلي) على اثني عشر نوعًا من الأسماك بعضها من مياه البحر والبعض من المياه العذبة رغبة في معرفة إن كانت هناك أية علاقة بين العمق الذي تعيش الأسماك فيه وحالة شبكيتها. وطبعًا كلما تغوص إلى عمق أكثر يكون الضوء الموجود هناك أقل، ووجد أن سمكة كلب البحر وسمكة الترس وثعبان السمك الأسود الكبير لها مخروطات فقط. وبينما تغوص كل هذه الأسماك إلى عمق لا بأس به فلا توجد بين الأسماك ما

يغوص إلى عمق أكثر من الجرنارد والدراجنت التي لها كل من القضبان والمخروطات. وسمك السلمون المنقوش ونوع من القاروص التي تتغذى في المياه الضحلة بالنهار ليس بها أي تكوين خاص من المخروطات.

وعندما امتحن الأرجوان البصري في الاثنتي عشرة سمكة وجد أن كل حالة لها كفايات مختلفة قليلاً لامتصاص الضوء، ولكن لا توجد علاقة بين كفاية الامتصاص وطبائع الأسماك، فهذه التي تغوص إلى أكبر الأعماق ليس لها أرجوان بصري وبها أعظم كفاية لامتصاص الضوء، وتوحي مثل هذه المدلولات بان التأثيرات التي تستقبلها شبكية الأسماك تختلف تبعًا للفرد الواحد.

تعيين مجال إبصار العين

توجد في الحيوانات التي تعرض تغيير اللون وسيلة مفيدة للحصول على معلومات خاصة بشبكية العين. فالعين "ترى" ويظهر الجسم بظلال أو ألوان باهتة أو متوسطة أو داكنة تبعًا للبيئة، وهذا يعرف بأنه يسبب في حيوانات عديدة كعلجوم جنوب إفريقيا مثلاً انطلاقًا انعكاسيًا لهرمونين أحدهما يسبب انقباض خلايا الصبغ والآخر يسبب تشتيتها. ويوعز مثل هذا الحدث بوجود مجموعتين مختلفتين من المستقبلات في الشبكية، وتثبت كل مجموعة عندما تنبه إطلاق الهرمون المناسب. والعيون في علجوم جنوب إفريقيا الذي يعيش تحت سطح الماء موجودة على قمة الرأس. وعندما يكون الحيوان راقدًا على سطح داكن في ضوء النهار فإن الضوء يتمكن

من أن يسقط على قاع الشبكية فقط ولا ينعكس أي شيء مما يحيط به على جوانب الشبكية. ويستقبل قاع الشبكية أشعة مضغوطة في مخروطة تكون نصف الزاوية الحرجة للهواء والماء، وتسبب "عناصر القاع" في الشبكية إطلاق الهرمون "ب" (منتجة استجابة سطح أسود) ويدكن لون الحيوان.

وعندما يكون العلجوم على سطح أبيض في ضوء النهار تنار كل الشبكية بواسطة ضوء مبعثر من السطح في جميع الاتجاهات. وعلى ذلك حينما تنبه تسبب عناصر الشبكية على جوانب العين إطلاق الهرمون "و" (سطح أبيض) ويصير الحيوان باهتًا، وأيدت التجارب الحدود المضبوطة للمساحات التي تشغلها مجموعتا المستقبلات الشبكية. وتبين تجارب أخرى باستعمال ضوء من طول موجة واحدة فقط (ذي لون واحد) أن مجموعتي مستقبلات الشبكية حساسة لمجالات أطوال مختلفة، ومستقبلات "القاع" هي على الأخص حساسة للطرف الأحمر من طيف النور (هجبن وسلوم). والعين في علجوم جنوب إفريقيا تناسب الدراسة جدًا بسبب مجال إبصارها المحدود، وعين الليجيا مناسبة لنفس السبب. وأشير فيما سبق إلى أبحاث هـ. ج. سميث المتعلقة بهذا الموضوع (الفصل السادس).

عين سمكة أبو شوكة

من المعروف أن الأسماك لها في الشبكية مجالات استقبال مختلفة لاستجابات السطح الأبيض والسطح الأسود. وتوجد في حالة سمكة المينو

الأمريكية اختلافات شكلية بين المجالين ويعرف أيضًا أنها تختلف جوهريًا في سمكة أبي شوكة، وأجرى بحث دقيق جدًا (هجبن ولندجرب) على تعيين حدود مجالات الشبكية في سمكة أبي شوكة.

واستنتجت من البحث معلومات تفصيلية عن مسألة طريقة عمل العين كلها فتوجد في الطبعة الخطية مدلولات عن أهمية الإبصار. ولم يكن في الحسبان استكشفا الطبيعة المزدوجة للعدسة التي لها "غلاف" خارجي بأس انعكاسي يساوي تقريبًا رأس الماء، و"قلب" كروي متراكز يبلغ حوالي نصف قطر العين كلها بأس انعكاسي يبلغ ١,٥. وأعطى في شكل (٨) ملخص عن المعلومات الأساسية التي حصل عليها بخصوص العين، ويتوقف النظر في سمكة أبي شوكة على تركيب العين ومكانها على الرأس مع مسلك أشعة الضوء عندما تمر من الهواء في الماء ومسلكها عند مرورها خلال عدسة العين. وهذا حقيقي لأي نوع من الرؤية الذي يجب أن يعتمد على تركيب العين ومكانها وطبيعة الوسط الذي تعمل فيه.

اختلافات شكلية في حدود العين المركبة

توجد حشرات وحيوانات قشرية تعرض عيونها مساحات متخصصة لأغراض مختلفة؛ ففي الجعران "أبو دوامة" الذي يسبح على سطح الغدير بسرعة كبيرة ونصف عينه فوق سطح الماء والنصف الآخر تحتها تختلف الوحدات العينية في الجزء الذي يرى في الهواء عن هذه في الجزء الذي يرى تحت الماء. وعيون الليجيا لها مساحتان للاستقبال تسيطر

على تغيير اللون، وهذه تعرض اختلافات شكلية. وعيون الجمبريات وبراغيث البحر والحشرات العصوية لها مساحة تعرض استجابات لسطح مميز وسيوجد أنها تبين على الأرجح اختلافات تشريحية.

استعمال العين المركبة ليلاً

من الممكن ضبط عيون كثير من الحيوانات لتقوم بوظيفتها في الظلام أو في الضوء، وأغلب الحيوانات القشرية البرية تكون نشيطة لحد ما في مدة الأربع والعشرين ساعة. ومن بين هذه الحيوانات يمدنا الجمبري العادي بفرصة طيبة لرؤية العين في حالة ملاءمتها للظلام وملاءمتها للضوء.

فإذا تركت الجمبريات في وعاء به ماء البحر وبقاعه رمل لمدة ساعة تقريبًا في ضوء متوسط يوجد حينئذ أن كل عين تظهر في لمحة عرضية كأنها عقدة سوداء عند طرف ساق عديمة اللون لها مركز داكن وحافة متسعة واضحة لونها أصفر خفيفًا. وإذا شوهدت الجمبريات نفسها بمصباح يدوي في الليل أو بعد حفظها بالنهار في صندوق لا ينفذ منه الضوء تظهر حينئذ العيون شديدة السواد وبدون حافة باهتة. وإذا شوهدت "من الأمام" تظهر كل عين أن لها وسطًا كبيرًا مشعًا بلون باهت أحمر إلى الزرقة. والتأثير هو نفسه الذي يرى في الظلام عندما يواجه شعاع من الضوء عين كلب أو عين قطة ولو أنه يكون على درجة صغيرة جدًا ويطلق على طبقة الصبغ العاكس المسئول عن هذا التأثير في كل حالة "الطراز".

ويبين شكل (٩) منظرًا لعين الجمبري في الضوء وفي الظلام، وكل وحدة عينية (أوماتيدة) بها قرنية ومخروط بللوري ومجموعة من خلايا الشبكية، وتحيط بكل وحدة عينية مجموعتان من خلايا الصبغ. وتتحرك كل محتويات الصبغ في هذه الخلايا الأقرب للسطح الخارجي للعين إلى الداخل أثناء النهار عارضة المخروط البللوري وجزءًا كبيرًا من خلايا الشبكية. وتهاجر بالليل محتويات الصبغ إلى الخارج وتكون غلافًا حول المخروط البللوري. ويحيط الصبغ في خلايا الصبغ القريبة من خلف العين أثناء النهار بخلايا الشبكية، ولكنها تهاجر بالليل إلى الداخل وفي نفس الوقت تكشف عن الصبغ العاكس الطرازي الباهت الذي انتقل قليلاً إلى الأمام.

وتتكون الحافة الصفراء التي تظهر بالنهار في عين الجمبري من وحدات عينية عديدة وغالبًا شفافة يكون نصفها أو كل طولها مكشوفًا تمامًا بواسطة هجرة الأصباغ الداكنة إلى الداخل. وتبقى خلايا الصبغ الأبيض والأصفر الباهت في الحافة وتلونها تلوينًا بسيطًا. ويغلف المخروط البللوري في وحدة عينية بالليل في صبغ أسود. وعلى ذلك فأي منظر جانبي للعين كلها يجعلها تظهر سوداء تمامًا. ولكن عندما يضاء مشعل قبالة وسط العين في اتجاه شعاعي تمر أشعته تحت كل وحدة عينية وتنعكس إلى الخلف من الطراز. وحيث أن الغلاف الصبغي رفيع جدًا فمن الصعب ان يتداخل كلية مع انعكاس من الطراز، ومن هنا يكون التأثير الموجود في عين الحيوانات الليلية من "إنسان العين" الكبير المضيء.

ويظن أن طريقة تأدية عين الجمبري لوظيفتها هي كما يلي: تكون العدسة والخلايا المخروطية في كل وحدة عينية صورة تسقط على خلايا الشبكية الحساسة (وتعرف بالريودمة أي المحور المركزي للشبكية) وتكون كل وحدة عينية صورة جزء من البيئة المباشرة. وتنضم هذه الصور من الوحدات في "إبصار فسيفسائي" لتكون صورة واحدة (الصورة المبكرة التي أحذت خلال عين مركبة تعرض صورة منفصلة دقيقة متكونة من كل وحدة عينية ولكنها تعطي تأثيرًا كاذبًا. وعندما تستعمل العين المركبة كعدسة يمكن الحصول على صور للأشياء دقيقة ولكنها واضحة وهذه الصور تبين أن العين المركبة تنتج صورة واحدة).

وعندما يتجمع صبغ الملنين قريبًا حول الأجزاء السفلية من خلايا الشبكية في الضوء الساطع فإن كمية الضوء التي تصلها تكون محدودة ومركزة، وتتكون صورة واضحة "قليلاً" أو محدودة تمامًا. وفي الضوء المعتم عندما يهاجر الصبغ بعيدًا عن الجزء السفلي من خلايا الشبكية ويكشفها فأي ضوء موجود يصل إلى كل المنطقة الحسية، وفي نفس الوقت تستطيع أشعة الضوء التي تدخل وحدات عينية عديدة أن تنعكس داخليًا على واحدة أو المجموعة نفسها من خلايا الشبكية. وانكشاف الصبغ الطرازي المنعكس يسمح للضوء الذي مر من قبل خلايا الشبكية أن ينعكس إلى الخلف وبذا يزيد عملها. وستكون الصورة المتكونة أكثر زهاء ولكن أقل وضوحًا من تلك التي تكونت في ضوء النهار. وتضبط حركات الصبغ بواسطة هرمون ينتج بواسطة غدة الجيب في سويقة العين.

وقد بينت البحوث التي أجريت على الجمبريات وهي حية أنها ترى بيئتها إلى أن يعم الظلام بدرجة لا ترى فيه عين الإنسان. ولم يعرف حتى الآن إلى أي مدى تستمر أن "ترى" في الظلام باستعمال أطوال أمواج خارج طيف النور المنظور. ولكن من المؤكد أن الجمبريات تستعيد تنسيق اللون مع سطحها تحت ظروف المعمل أثناء الظلام. ويقرر صيادو الجمبري المتمرنون الذين يمارسون صيدها بالليل أن الجمبريات من الطمي الباهت والقاع الرملي تكون باهتة حينما ترفع من الماء. ولكن ترفع الجمبريات من القاع الصخري ذي الحشائش بلون أسمر إلى الحمرة وغالبًا بذيول حمراء لامعة. وعلى ذلك يظهر أن عيون الحيوانات الليلية تستطيع أن ترى لحد ما في ظلام جزئي أو كلي. وحيوانات قشرية عديدة أخرى مثل حيوان الأنكوش لها عيون تستطيع تأدية وظيفتها بالنهار وبالليل.

وعيون الحشرات نهارية الطيران هي من نوع "التنسيق" وتتقارب خلايا الشبكية الحساسة ناحية أجزاء العدسة في الوحدة العينية. وكل وحدة عينية محاطة بالصبغ ويحدث إبصار فيسفسائي بسيط. وعيون الحشرات ليلية الطيران هي من نوع "المطبق" والخلايا الحسية على بعد ما تحت أجزاء العدسة ويكون الصبغ محصورًا بشدة. وتتناسب نوعا العين التنسيقية والمطبقة على ما يظهر مع عين الجمبري في حالته النهارية والليلية.

ومع ذلك يجب أن نمسك عن التعميم الكثير جدًا بالنسبة للعيون المركبة، وتوجد اختلافات كثيرة في التفصيل التركيبي، وتكون الصورة التي

تتكون بواسطة العين عمومًا قائمة بينما تكون في أخرى (كما هي الحال عندنا) مقلوبة من فوق إلى تحت. وتوجد اختلافات كثيرة في العين وفيما ترى العين بين المفصليات كما هي الحال بين الفقاريات وربما أكثر.

ضبط الشبكية في الأسماك

فحصت أسماك كثيرة مثل الاثنى عشر نوعًا التي سبق الإشارة إليها من خصوص حالة الشبكية بالنهار وبالليل، وتكون كل من الخلايا الحسية والصبغ قادرة على التحرك. وتستطيع القضبان أو المخروطات أو كلاهما معًا أن تتحرك مع هجرة الصبغ أو بدونها، ولا يتسع المقام لأبحاث أخرى عن موضوع الإبصار الليلي. ولكن من الواضح أنه يجب على أي حيوان لا يتقيد من أجل حركاته بضوء النهار عمومًا أن تكون له بعض الوسائل المماثلة لما وصف لكي يضبط جهازه الإبصاري.

خاتمة

إذا تطلعت الآن إلى قول طيب فأنت مغال في تقديري لأن
ما أقوله هو من كلامي الخاص.

الملك هنري الرابع – الجزء الثاني – خاتمة

حيث أني اضطلعت في هذا العمل بالاستنتاجات الفلسفية فيجب أن تلقى على عاتقي مسئولية أي غموض في هذه الناحية، ومع أن الموضوع الذي كتب فيه يختص بالظواهر الطبيعية فهو يثير معضلة عميقة ألا وهي طبيعة "الرؤية" ويقول شارل سنجر "كان من المعترف به دائمًا أن العلوم ما هي إلا خطة تصويرية لها علاقة غير محققة بالإحساسات التي تنسب إليها. ومع ذلك تكون علاقة الإحساسات بعضها ببعض محددة وغير متغيرة. فمثلاً عندما صيغت المادة بجميع الصفات الإحساسية بواسطة العيارات فإن حمض الكبريتيك يصب على مادة بجميع صفات إحساسية لكربونات، ويعقب ذلك صفات إحساسية مرتبة مع بعضه توافقيًا تحت اسم غاز حمض الكربون. وهذه هي النتيجة مهما كانت نظرتنا التصويرية للموضوع. فهي لا تتغير بأي تصوير ذري أو أيوني أو إلكتروني أو أي شيء آخر" الدين والعلم – شارل سنجر – فصل ١٠.

ونجد أن الإحساس والتصوير يختلط أحدهما بالآخر مرارًا. ونقرأ في الطبيعة "رغبات" شخصية، ولا ينفصم التصديق العقلي عن العلوم البحتة ويكون من الضروري الاستفهام بعقلية راجحة ولكن بحذر. وأية ظواهر

طارئة على ذهن الإنسان ما هي إلا موضوع نظري للفحص الدقيق، وسواء اعتبرت الظاهرة الطبيعية أو أعلن على أنها فوق الطبيعة وسواء كان حدوثها المعروف ممكنًا أو مرجحًا أو غير ممكن، فعمل العلم هو فحص الموضوع – أي ليسجل ويصف وينتسب إليه بإتقان "ذي حدين" ولكن لا ليتظاهر مقدمًا بالجزم بالحقيقة كلها. والافتراض في العلم هو من طبيعة عقلية تجريبية، وهو واضح تمامًا عن افتراض العقول السطحية.

وبين أحد علماء علم الحياة بعد اختبار النحل لمعرفة الألوان أنها لا تخطئ أي ظل من رمادي إلى أزرق "وبهذه الطريقة أثبتنا أنها ترى فعلاً الأزرق كلون حقيقة" هـ. منروفكس (عضو بالجمعية الملكية) في كتاب شخصية الحيوانات صفحة ٣٥ – ٣٦ – (كتب البلكان). وقد يكون هذا جائزًا ولكن لم تثبت التجارب أنها ترى الأزرق كما نراه ولا يوجد أي دليل على أنها ترى "العيون الزرقاء أو زرقاء كالسماء... إلخ". وتبين التجارب ببساطة أن الأشياء التي تظهر لنا زرقاء تعطي النحل شعورًا بصريًا مختلفًا إذا قورنت بأشياء تظهر لنا رمادية، وتصادفنا غالبًا تعقيدات كهذه في محاولة الحصول على أية فكرة عن العالم كما تتصوره الكائنات الأخرى.

وما كان المؤلفان باحثي أسباب الحقيقة أو ميكانيكيين عن قصد، ورغبا دائمًا في العمل كما يقصد العلم الحقيقي – بعرض الظواهر ونسبتها إلى ظواهر أخرى وليس لهما أية علاقة بهذا "الباعوض المتعارك" الذي يدحض وجود "قدرة الإرادة الإلهية" بالرجوع إلى تقرير تركيب اليوريا لولرز ، أو بإثبات ذلك بشعوذة اللفظ وتحريف معنى علم البيئة الطبيعية. ويسلم

المؤلفان بإنتاج اليوريا وبظواهر البيئة ولكن يمسكان في تواضع عن إعلان الأسرار الجليلة الخاصة بالسؤال عن ماذا يكون أي شيء، وفي الحقيقة هما لا يعرفان. وعلى ذلك حينما نقول أن "عنكبوتًا يماتن نحلة" و"يزحف بطريقة الحزم" و"يستخدم التقليد" فالمصطلحات تحمل شكل المادة تمامًا. والمقصود بهذا الكتاب هم القراء العاديون ولم يكن لهؤلاء الذين تضطرهم تعقيداتهم ليتكلموا غالبًا برطانة خاصة.

وبعض الظواهر التي بحثت "تدعو المرء ليفكر" والمحاولة لشرح كل شيء في نصوص المعلومات الخالية ليست من العلم في شيء بوضوح. ولسوء الحظ يتسلط على بعض الأقسام في كلياتنا أشخاص يتصفون بمثل هذا، وتكون النتيجة مظهرًا مؤسفًا للطلبة الذين يميلون لصم آذانهم عن المعلومات المستحدثة أو لتعطيل نشأة المعرفة الأوسع. ويتوقف تفسير "المنظور" كثيرًا جدًا على طور نشأة العقلية المفسرة. ولكن "الرؤية" نفسها تحمها قوانين عنيفة. ولرؤية شيء كشيء منفصل يجب ألا يكون أصغر من نصف طول أطوال أمواج الضوء الذي نراه بواسطتها. فإذا بلغنا هذه النقطة نصل إلى الحد النهائي لأبصارنا المضبوط كله في هذا الاتجاه.

وقد يظهر أن أربعة أنواع من العين فقط تكون ممكنة. وهذا هو استنتاج هلدين من مدلول علم الطبيعة الحديثة. وعلى ذلك فليس بعجيب أن هذه الأنواع نشأت مستقلة. ويوجد نوع الحشرات ويشتمل على جزم من أنابيب تشير إلى جهات مختلفة أطوال أمواج أخرى غير ضوئية وتنظمها

لتنتج صورًا. وأنواع مماثلة للمصورة ذات ثقب الدبوس والمصورة بالعدسات والمجهر العاكس. ولكن أظن أن هناك أعضاء أخرى تستعمل.

وأخيرًا ومن خصوص استعمال لفظ "حيوان" بالنسبة للحشرات وغيرها — انظر قاموس العلوم س. م. بيادنل. "يا احكم الحاكمين" علمني لأميز علاقات تفصيلات الظواهر هذه التي تجابهني، هذه المصادفة — فقط أتوصل إلى رؤية نفسي على حقيقتها وليست معتمة كما لو كانت من خلال منظار أسود.

شارل استوارت

قاموس المصطلحات

أدرنلين: هرمون يتكون في نخاع كل من الغدتين الكظريتين، وهما غدتان موجودتان فوق الكليتين أو بالقرب منهما ويطلق على الهرمون اسم "قاتل أو فر من القتال". وهو في الثدييات يرفع ضغط الدم ويقوي ضربات القلب ويسرعها ويسبب وقوف الشعر تمامًا ويسبب في الإنسان أعراض "طور الخوف"، وهو هرمون غدة صماء.

استجابة ابتدائية: حركة حاملات اللون التي يسببها مباشرة فعل ما من الضوء دون أن يكون للعيون دخل فيها، وتتصرف حاملات اللون "كمؤثرات مستقلة".

استجابة ثانوية: ١- حركة حاملات اللون التي يسببها فعل الضوء على العين وتوصل إلى المخ ومن هناك (ا) عن طريق الأعصاب إلى حاملات اللون أو (ب) عن طريق الأعصاب إلى غدة صماء هرمونها ينشط حاملات اللون.

٢- حركة حاملات اللون التي يسببها هرمون أو منبه عصبي يستدعى للعمل بواسطة المخ أو قوس الانعكاس كنتيجة لمنبه ما لمستقبلات جلدية.

أشعة انقسام وراثي: (أشعة جروسن – أشعة النشوء الكامل) عندما تنقسم خلايا النبات تصدر أشعة تبلغ ١٢٠٠٠. وانقسام الخلية سريع جدًا عند أطراف جذور البصل، وعند مثل هذه النقط يمكن ظهور أشعة تؤثر على مادة حسية أخرى. وهي تنتج أيضًا من عضلات الضفادع.

أشعة كوزمية: نشاط مشع طول موجته شديد القصر وسريع التذبذب ويظن أن منشأه بعيد عن "درب التبانة". لها نشاط كبير نسبيًا وقوة نافذة أي أنها تنفذ خلال ١٦ قدمًا من الرصاص عند سطح الأرض، وعشر مجموع القوة الإشعاعية التي تستقبلها الأرض من جميع النجوم (ما عدا الشمس) من الأشعة الكوزمية. وهذه الأشعة تفكك ٢٠ ذرة في كل بوصة مكعبة من الهواء على سطح الأرض في ثانية واحدة كما تفكك مئات الآلاف من الذرات في أجسامنا في كل ثانية "بيادنل".

إضاءة حيوية: عملية كيماوية غير قاصرة على الكائنات الحية فيوجد لوسفرين في الخلايا ولوسفراز (إنزيمها أو عامل مساعد مؤكسد) في سوائل الجسم. ويحدث "الضوء البارد" عندما يقوم اللوسفراز بتنشيط اللوسفرين ويكون إنتاج الضوء البارد مصحوبًا أيضًا بمادة رغوية وبمادة مولدة للضوء ومادة تنبه تأكسدها.

افتراض: تفسير تجريبي لظواهر ملحوظة.

اكسلتل: طور اليرقة في السمندل الأمريكي (أمبلستوما) وتقضي كل حياتها في الماء غالبًا محتفظة بخياشيمها الخارجية وتناسلها، وتستطيع الانسلاخ إلى الشكل الأرضي الذي يشبه سمندل الأرض الكبير عندما يندر وجود الماء أو إذا طعمت بالغدة الدرقية.

إنزيم: عامل عضوي يؤثر على بعض التغيير الكيماوي دون أن يتغير نفسه تغييرًا ملحوظًا، أو عامل مساعد. وتقوم الإنزيمات بعدد عظيم من التغييرات التي تدخل ضمن العمليات الحيوية. وكل إنزيم له عمل محدود بدقة، ويسمى عادة باسم المادة التي يؤثر عليها مثل لوسفرين ولوسفراز وتنتهي أسماء الخمائر غالبًا بالمقطع "أ ز".

انعكاس: "تسبب استجابة بالانعكاس" مثل خلايا الصبغ. هنا قوس انعكاس أي أن سلسلة متواصلة من خلايا وخطوط عصبية توجد بين مستقبل (أي خلية حسية جلدية) وخلية صبغ تكون المؤثر، وتنبيه ينشط المؤثر آليًا.

بروتوبلازم: مادة حية – توجد عادة على شكل وحدة خلوية بنواة مسيطرة، ويحيط بها سيتوبلازم وهو جهاز طبيعي كيماوي مشتمل على ماء ($3/4$ وزن البروتوبلازم) وأيونات الملح والبروتينات والدهنيات والكربوهيدرات وغازات مذابة، وهو في حالة تغيير مستمر من بناء وهدم حيث يحتفظ بالقوة ويطلقها.

بروتين: مركب معقد يحتوي دائمًا على أزوت ويتكون من عدد من أحماض الأمونيا كما يكون غالبًا في جزيئات كبيرة جدًا وهو ضروري لتكوين وتجديد البروتوبلازم.

بلاتريان: نوع صغير من الديدان المفلطحة أجسامها مغطاة بأهداب (تربلاريا وبلانهلسيا) وتوجد في البحر وفي المياه العذبة.

تحليل مطيافي (للأصباغ): إذا أسقط طيف النور على حائل وأنبوبة محتوية على محلول من الصبغ موضوعة في طريق طيف النور فإن الصبغ يمتص بعض أجزاء طيف النور، ولكن يسمح لأخرى بالمرور فيه وحيث تمتص أطوال موجة تظهر شرائط سوداء، وهذه الشرائط الممتصة هي فردية لأي مادة كيماوية وتسمح لها بأن تعرف بالتأكيد.

تظليل معاكس: ظهر داكن يتدرج بانتظام إلى أجزاء سفلية بيضاء. وتحدث تأثيرات مختلفة مثل نسق متدرج من لون مستمر أو بواسطة هيئة كنقط متقاربة الوضع على الظهر ومتباعدة أكثر فأكثر تجاه الأجزاء البطنية. ويعدل التظليل المعاكس تأثير الضوء على أي شيء صلب في العراء ويجعل الأجزاء العليا باهتة والأجزاء السفلى داكنة ولا يظهر الشيء أو الحيوان بارزًا عن بيئته ويظهر التظليل المعاكس المخالف في حيوانات تتخذ وضعًا مقلوبًا من فوق إلى تحت عادة.

تغيير اللون الشكلي: هو التغيير في كمية وترتيب أصباغ الجلد بالنسبة لبيئة خاصة ويحدث ببطء نسبيًا، وهو ثابت ما لم تتغير البيئة، وفي هذه الحالة يمكن إحداث إحكام ثان بمرور الوقت.

تغيير اللون الفسيولوجي: حركة عكسية سريعة للصبغ في الخلايا وهو يحدث بواسطة الضوء أو درجة الحرارة أو هرمونات أو مؤثر عصبي.

تلوين تحذيري: أسود مختلط بالأحمر أو البرتقالي أو الأصفر وأحمر إلى الزرقة. وقد تبدي الحيوانات ذات التلوين التحذيري استعراضات تحذيرية ولا تخفي أنفسها وتكون غالبًا سامة أو لها طعم تعافه النفس أو تطلق رائحة مؤذية إذا هوجمت.

تلوين تحذيري كاذب: حيوانات بألوان تحذيرية كاذبة وأحيانًا بمسلك كاذب أي أنها حقيقة غير ضارة وصالحة للأكل (انظر تلوين تحذيري).

تلوين خداعي: (استخفاء مبهر) طريقة لون تحول الانتباه من الشكل الحقيقي للحيوان أو المرئي، كبقع غير منظمة من الألوان والأشكال المتباينة أو الخط العريض الممتد على طول الظهر وعرضيًا على العيون. ووظيفة هذا التلوين هو منع أو تأخير التعرف على الحيوان من أول نظرة بقدر المستطاع "كت".

تلوين وقائي: للإيذاء أو للدفاع (بياندل).

تيروسين: حمض أميني وهو إنتاج عادي من هضم البروتين.

جلدية: تتعلق بالجلد "الجلد العميق" أو الأدمة في الحيوانات الفقارية. وتوجد هنا مستقبلات جلدية (خلايا حسية) وكذلك حاملات لون وهذه الأخيرة توجد أيضًا في البشرة.

جناح غمدي: الزوج الأمامي من أجنحة الحشرات مثل الخنافس وأنواع أخرى من البق وهي سميكة وصلبة وتغطي الأجنحة الغشائية الخلفية وتكون مطوية عندما تكون الحشرة مستريحة وعمودية على جسم الحشرة عندما تكون طائرة.

جونين: صبغ عديم اللون يعكس الضوء وله هيئة الفضة، يوجد في خلايا صبغ تسمى حاملات جونين أو حاملات صبغ أبيض (ملونة البياض) أو خلايا قزحية. فضلات ناتجة عن تفتيت بروتينات النواة.

حامض أمونيا: (نشادر) حمض استبدلت في جزئية بذرة الأيدروجين الموجودة في الأصل الأساسي مجموعة أمينات (زيد٢) مشتقة غالبًا من أحماض دهنية ومن أمثلتها تيروسين وتربتوفين — وجزيئات حمض الأمونيا هي مواد البناء في البروتينات، وهي قابلة للذوبان في حين أن البروتينات عكس ذلك، وحينئذ يجب أن تفتت جميع البروتينات

إلى أحماض الأمونيا قبل أن تتمكن من الدخول في الخلايا الحية أو الخروج منها.

حامل صبغ أصفر: هي خلية صبغية تحتوي على الصبغ الأصفر.

حاملة لون: (ملونة) خلية واحدة تحتوي على صبغ أو عدة خلايا متصلة تمامًا وكل منها فيه صبغ مختلف وحاملات اللون كثيرة التفرع، وقد تبقى فروعها واضحة أو متصلة بفروع خلايا أخرى مجاورة، وهي تسمى حسب الصبغ الذي تشتمل عليه مثل حاملات ملنين وحاملات صبغ أصفر. وتحتوي خلية القزحية او حاملة جونين على أجسام براقة غير ملونة.

حاملة ملنين: خلية صبغ محتوية على ملنين.

حيوانات قشرية ذات عشرة أقدام: (دكابودا) كائنات لها عشرة أقدام (أ) قشريات ذات عشرة أقدام: لها عشرة أزواج من الأرجل الصدرية مثل جراد البحر والجمبري والسرطان (ب) راسية الأقدام ذات عشرة أقدام في منطقة الرأس مثل السبيا والأسكويد.

خلية قزحية: انظر جونين.

دهن: يتم تمثيل الدهنيات وتخزينها في خلايا متخصصة لهذه الوظيفة، ويطلق المصطلح على مواد دهنية في الحيوانات بينما تسمى في النباتات زيوت. والزيت مصطلح عام للدهن السائل.

وتتكون الدهنيات والزيوت غالبًا من ذرات ك ويد مع قليل من ذرات الأكسجين محتوية عادة على مواد أكثر تركيبًا، وبعضها له أهمية فسيولوجية عظيمة. والعطور مستخرجة من زيوت جوهرية في النباتات.

دياتوم: شكل من الطحلب الأخضر وحيد الخلية (مجموعة تضم حامول البحر). جدار الخلية فيها مشبع بالسليكا وغالبًا منحوتًا على نمط متناسق الأجزاء. منها أنواع بحرية وأخرى في الماء العذب.

رحيق: إفراز سكري من النباتات وعادة من الزهور ويحتوي على حوالي ٧٥% من الماء مذابًا فيه قليل من سكر القصب وسكر العنب، ويكون سكر الفواكه غالبًا احد عناصره المهمة ويحتوي على آثار من الزيوت الجوهرية ويتحول إلى شهد بواسطة فعل إنزيم في النحل.

زاوية حرجة: عندما تمر أشعة الضوء في وسطين بكثافة مختلفة (مثل الهواء والماء) ملتصقان تنكسر الأشعة من أحدهما إلى الآخر. وعندما تكون زاوية الانكسار (لأشعة الضوء) من الهواء على وسط أكثف تساوي ٩٠° تقريبًا تسمى زاوية الانكسار هذه زاوية حرجة لذلك الوسط. والزاوية الحرجة للماء تساوي ٤٩° وللزجاج ٤٢° "اسبنسر هوايت".

سابق الملاءمة: يظن عادة أن الملاءمات تنشأ عن الاستجابة لتغيير ما في البيئة، والكائن في سابق الملاءمة هو المحرك الأول. ويحدث تغيير كنتيجة لطفرة. ثم (أ) قد تتغير البيئة أخيرًا إلى مثل هذه الحالة التي يكون فيها سابق الملاءمة ذي فائدة. أو (ب) قد يجد الكائن بيئة جديدة تناسبه. الأمثلة حيث توجد أجسام ملونة ثنائية أو ثلاثية في النباتات فمثل هذه النباتات تكون غالبًا أكثر تحملاً للبرد من أسلافها. وعاشت أثناء أواخر العصر الجليدي أشكال من ذوات الأربع وأصبحت سائدة في المرتفعات العليا. ونشأت سلالة من الدفنيا (برغوث الماء) بواسطة الطفرة تحت ظروف معملية ونمت في مياه درجة حرارتها ٦° – ٨° أي أدفأ من الحرارة التي عاشت فيها سلالة آبائها. ويستطيع هذا الصنف الجديد أن يتلاءم لبيئة أدفأ من بيئة صنف آبائه.

شدة الضوء: كل درجة من الضوء في حالة الانتقال من ظلام إلى ضوء شمس ساطع، يمكن قياسها بالضبط بواسطة خلية ضوئية كهربائية. والضوء الذي يسقط على مادة مثل هذه الخلية يحدث تيارًا كهربائيًا يختلف في شدته تبعًا لشدة الضوء. وتقرأ كمية التيار على جلفانومتر.

صبغ: مصطلح عام لأي مادة كيماوية تعطي لونًا مشتملاً على أسود وأبيض في النباتات والحيوانات.

صبغ أصفر: وهو صبغ أصفر في النبات وأحد مركبات اليخضور (**٤٠ ك ٥٦ يد ١٢** أ).

صفخيشومية: أسماك مثل الترس والقوبع والتربيد والقرش وكلب البحر. هيكلها غضروفي وليس عظميًا. والاسم مأخوذ عن شكل خياشيمها التي تشبه الصفائح.

صفراء: إفراز قلوي من الكبد. لونه أخضر إلى الصفرة، وغالبًا يتجمع وقتيًا في الحوصلة الصفراوية وتعطي وسطًا مناسبًا تستطيع فيه الإنزيمات الهضمية أن تقوم بعملها وتساعد على تحويل الدهنيات إلى مستحلب.

صماء: الغدة الصماء هي التي تفرز داخليًا أي أن إفرازها أو هرمونها يدخل الدم مباشرة وعندما يمر في الجسم كله يسبب استجابة محددة في أي عضو أو نسيج (انظر أدرنلين أيضًا).

طفاوة البحر، مصطلح أدخل عن مصائد الأسماك الإسكندناوية. وتوصف بها مجموعة النباتات والحيوانات الدقيقة التي تعيش على سطح مياه البحار والبحيرات. نبات وحيوان طاف على الماء. وتختلف محتويات طفاوة البحر في فصول السنة والمنطقة المختصة.

طفرة: قفز، مظهر مفاجئ للنبات أو الحيوان بصفات تركيبية أو فسيولوجية واضحة عما هي في الأبوين، وهي تتوارث حقيقة وينتج

من بعض التغيير في تركيب الكروموسومات أو الجينات الفردية في نواة الخلية.

طفيل: نبات أو حيوان يستمد غذاءه من مادة نبات أو حيوان حي آخر.

طليعة: المادة التي ينتج منها مركب خاص آخر، فمثلاً التيروسين طليعة الملنين وحينما تكون الطليعة أو (أم المادة) صبغًا فإنها تعرف بالكروموجين.

طيف النور: إذا أمسك منشور عرضيًا بين شعاع ضوء أبيض وفرخ من الورق الأبيض يبرز شريطا من الألوان على الورق. والمنشور يحلل أو ينثر الضوء "الأبيض" ويفرق بين أطوال أمواج مختلفة تبعًا للسرعة التي تنفذ بها خلال زجاج المنشور. وتظهر أطوال الأمواج المختلفة المنعكسة من الورق الأبيض كألوان سبعة لطيف النور: أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي، بنفسجي.

عضلة غير إرادية: أو غير مخططة مثل عضلة القزحية والقناة الهضمية والأوعية الدموية والجهاز التناسلي.. إلخ، تضبط بواسطة الجهاز العصبي المستقل ذاتيًا وبواسطة الهرمونات. تكون عادة في حالة "شد" ومنها يمكن أن تصير مرتخية أو منقبضة كلية.

غروي: يأخذ أشكالاً مختلفة: (أ) جيلاتيني مثل الصمغ أو الآح (بياض البيض) أو البروتوبلازم، وقد يكون في طور هلامي ثابت أو طور مذيب للسوائل. والجزئيات كبيرة جدًا ولا يمكن أن تمر خلال الأغشية بجدران الخلايا، والغروية لها قوة. وقد تعتبر أنها على الأرجح المنبع الابتدائي للقوة الظاهرة في مظاهر الحيوية "جراهام"، (ب) ذرات دقيقة التقسيم ومعلقة في غاز مثل دخان التبغ أو في سائل مثل الذهب الغروي. والغرويات كلها غير متبلورة وتحمل ذراتها المتناثرة شحنة كهربائية.

غشائية الأجنحة: رتبة من الحشرات لها زوجان من الأجنحة الغشائية مثل النحل والزنابير وذبابة النمس.

قامة: مقياس ملاحي = ٦ أقدام.

قدم الحشرة أو رسغ القدم: ١- أبعد أجزاء رجل الحشرة عن الجسم. لها خمسة مفاصل عادة وعليها شعر ومنتهية بمخلب واحد أو أكثر كما توجد عند الطرف عادة حشية لها وظيفة لمسية بجانب استعمالها للحركة وحاسة شم لبعض البشارات. ٢- عظام رسغ القدم في الفقاريات.

قرون استشعار: زوائد حسية على الرأس في الحشرات وهي مزدوجة ومفصلة وغالبًا عليها شعر كما أنها مستقبلات لمؤثرات كيماوية ولمسية وأعضاء اتصال وعناق، وتستخدم في المحادثة في النمل

والفراشات وغيرها. وتوجد حاسة التوجيه ومعرفة رائحة الأنواع والعش والملكة وغيرها في قرون الاستشعار في النمل، وتتعرف بواسطتها البشارات والفراشات على قرينها لمسافة طويلة.

كربوأيدرات: سكريات ومنتجاتها المكثفة. مركبات من كربون وأيدروجين وأكسجين. نسبة ذرات الأيدروجين إلى ذرات الأكسجين هي ٢ : ١ دائمًا كما في جزئ الماء. ومن أمثلة ذلك سكر العنب ٦ ك ١٢ يد ٦ أ ونشويات بمعادلة عامة ٦ ك ١٠ يد ٥ أ.

كرتين: صبغ أصفر أو برتقالي يعطي الجزر والطماطم وغيرها لونها. هيدرو كربون (٤٠ ك ٥٦ يد) أحد محتويات اليخضور.

كلاميد موناس: نبات وحيد الخلية يوجد في برك الماء العذب الصغيرة. طحلب. الاسم مأخوذ عن كلاميس كلمة يونانية للعباءة، وموناس بمعنى مفرد. والكلوربلاست الواحدة هي شبه عباءة أو شبه وعاء.

كيتين: غطاء قرني يفرزه الجلد في المفصليات (مثل الجمبري والخنفساء والعنكبوت). قد يكون رقيقًا جدًا وعديم اللون وشفافًا أو سميكًا وملونًا وشديد الصلابة، وقد يكون مشبعًا أيضًا بكربونات الكلسيوم لتصير صدفة مثل السرطان ومن تركيب معقد. المعادلة العامة هي ١٨ ك ٣٠ يد ز ١٢ أ.

لامس: عضو حسي من مميزات المفصليات وهو مزدوج ومفصل ومقترن بمنطقة الفم وله أهمية في اختبار الغذاء ونسيج السطوح وفي التعرف على الصديق أو العدو أو الأليف.

لبوكروم: دهن يحتوي على صبغ. غالبًا بلون برتقالي أو أصفر.

لمسي: مصطلح عام لتركيب طويل متحرك بوظائف حسية، ويستعمل كعضو ماسك طويل.

ماء آسن: خليط من الماء المالح والعذب كالماء عند مصب النهر أو الخور.

متجون في البحار: يشار به إلى البحر المكشوف أو المحيط.

مجسم: (للنظر) عندما تصنع العينان لشيء واحد صورًا قليلة الاختلاف ومتحدة في مركز الإبصار في المخ وتسمح بتحقيق وضع المرئي بدقة. وتعطي في الإنسان تأثيرًا مجسمًا أو ذي ثلاثة أبعاد. والاسم مأخوذ عن جهاز بصري يجمع صورتين شمسيتين لمنظر واحد مأخوذ من زوايا قليلة الاختلاف.

محجب: اختباء أو اختفاء في أمان. احتجاب في المعبد وطريقة في اللون تسمح لصاحبها بأن يبقى غير ملحوظ.

مستقبلة: خلية حسية أو طرف عصب خاص يستقبل مؤثرات مثل كرية الحس في الجلد. خلية حسية للضغط والتوتر في العضل. مجموعة خلايا حسية تعرف كعضو حسي.

مشدد: من شد إلى تمطط. تكون العضلة غير الإرادية أو غير المخططة في حالة "مشددة" عادة أو انقباض جزئي ويغذيها مجموعتان من الأعصاب متعلقان بالجهاز العصبي المستقبل ذاتيًا، إذا نبهت بإحدى المجموعتين تنقبض العضلة تمامًا. وإذا نبهت بالمجموعة الأخرى ترتخي كلية. ويؤثر فيها أعصاب سمبثاوية وسمبثاوية جانبية.

ملنين: صبغ أسود أو أسمر أو أحيانًا أصفر أسمر نحاسي. يتكون من تيروسين حمض الأمونيا وينتج من هضم البروتينات بواسطة فعل إنزيم التيروناز ويحدث التفاعل في وجود الضوء.

مماتنة: عندما يماثل حيوان في اللون والشكل وغالبًا المسلك تمامًا حيوانًا آخر لا ينتسب إليه تسمى هذه مماتنة. وقد تكون للماتنة مزايا وقائية أو للاعتداء أو لكليهما.

منسل: مصطلح عام لأي غدة تنتج الخلايا التناسلية.

مؤثر: خلية أو عضو يقوم بعمل من أي نوع كالغدة أو الصبغ أو الخلية العضلية، وأغلب المؤثرات تقوم بعملها إذا نبهت بأعصاب

أو هرمونات تستدعيها للعمل بعض المستقبلات مثل حاملات اللون في الحرباء التي هي مؤثرات تستدعيها للعمل مستقبلات جلدية أو شبكية. وتعمل عن طريق الجهاز العصبي. والأهداب والخلايا اللاسعة وأنواع قليلة من حاملات اللون هي مؤثرات مستقلة وتستجيب مباشرة للضوء ودرجة الحرارة ومؤثرات كيماوية.

نخامية: غدة صماء توجد عند قاعدة المخ الأوسط ولها عدد من مناطق ظاهرة تفرز هرمونات عديدة يعرف منها حتى الآن ثمان متعلقة بالنمو والدورات الفسيولوجية والأيض البنائي للكلسيوم وتغيير اللون... إلخ.

نهاري: أثناء وقت النهار (على العكس من ليلي) ويستعمل اللفظ للحيوانات التي تنشط أثناء النهار فقط، أو لتفتح الزهرة "النائمة" بالليل.

نيرون: خلية عصبية. وحدة خلية يتكون منها الجهاز العصبي وتحتوي على جسم خلية بنواة ولها فروع كثيرة، وقد يكون أحد الفروع طويلاً جدًا مثل خيط العصب.

هرمون: رسول كيماوي. إفراز ينطلق مباشرة في الدم عندما يتدفق من غدد خاصة مثل تيروكسين من الغدة الدرقية وأنسولين من البنكرياس.

هيموجلبين: صبغ أحمر في الفقاريات يوجد في خلايا الدم والخلايا العضلية ويحتوي جزيئه على بروتين وجلوبين متحدًا مع جزء غير بروتين يسمى "هيم" محتويًا على الحديد. ويمكن بلورة الهيموجلبين بسهولة ويتحد مع الأكسجين مكونًا أكس هيموجلبين الذي يتحلل بسهولة مطلقًا الأكسجين ثانية. والهيموجلبين أرجواني اللون بينما الأكس هيموجلبين قرمزي.

يافعة: صورة أو شكل تام لحشرة تمر في انسلاخ أثناء تاريخ حياتها.

يخضور: صبغ يعطي النباتات لونها الأخضر يحتوي على صبغ أخضر إلى الزرقة وصبغ أخضر (يخضور أ وب) وكمية كبيرة من صبغ أحمر برتقالي (كرتين) وكمية قليلة من صبغ أصفر. ويوجد دائمًا داخل كلوروبلاستات دقيقة أسفنجية الشكل.

يرقة: طور صغير نشيط لحيوان وهي واضحة الشكل عن اليافعة وتوجد أسماء خاصة ليرقات مشهورة: يسروع أو دودة (الفراشات والبشارات)، ماجوت (الذبابة)، الثوب الجلدي (ذبابة الرهو) اكسلتل (سمندل أمريكي).

ملحق ١

الإشعاع الشمسي وطيف النور المنظور لعين الإنسان

(للقراء الذين لم يدرسوا علم الطبيعيات)

يعرف الإشعاع الشمسي بأنه سلسلة من أشعة كهربائية مغناطيسية أو أمواج، وقد تكون هذه الأمواج طويلة وبطيئة أو قصيرة وسريعة، ومن ثم يحتاج كل من "طول الموجة" و"التردد" إلى قياس، وأكثر الأمواج بطئًا هي تحت حمراء وأشدها سرعة هي فوق بنفسجية. ومجالات الأشعة التي بين الحمراء والبنفسجية تعطي "ضوءًا" أو قوة مشعة منيرة. وهي من النوع الذي يوقظ إحساسات الإبصار في عين الإنسان وتكون "طيف النور المنظور" كما تكون فوق البنفسجية وتحت الحمراء جزءًا من طيف النور المنظور لحيوانات خاصة.

وينتج شيء من الحرارة بواسطة جميع هذه الأطوال الموجية ولكن على الأخص بواسطة الحمراء وتحت الحمراء التي يشار إليها عادة كأشعة "حرارية" أو الطرف الساخن لطيف النور.

ويجب التمييز بين مجالات أطوال أمواج من الشمس والمجال الطويل لأمواج كهربائية مغنطيسية (يستخدم بواسطة الإنسان في أغراض

عديدة) مبينة في جدول كالآتي فيما بعد، وهذه تشمل أمواجًا لاسلكية من صنع الإنسان من أشعة أكس وأشعة أخرى ليست مباشرة من مصدر شمسي. وأضيف إلى القائمة حديثًا أشعة فلكية عالية التردد جدًا تقدر شدة طول موجتها ب ١ × ١٠ $^{-١٢}$

نوع الموجة	طول الموجة	الكاشف
لاسكلية (هرتذيان)	٢٠٠٠٠ إلى ٥ متراً	أجهزة هوائية ولا سلكية
تحت حمراء	٠,٠٤ إلى ،٠٠٠٠٨ سم	تأثير حراري على الجلد
حمراء برتقالية طيف صفراء النور خضراء المنظور زرقاء نيلية	٠,٠٠٠٠٧ إلى ٠,٠٠٠٠٤ سم	العين (في الإنسان)
	٠,٠٠٠٠٤ إلى ٠,٠٠٠٠٠٢	

	سم	بنفسجية
ألواح فوتوغرافية وحوائل فوسفورية (ومضائية) ومطلية بالبريوم البلاتينو سبانيد أوكادميوم تنجسنات.	٠,٠٠٠٠٠٥ إلى ٠,٠٠٠٠٠٠٠٦ سم ٠,٠٠٠٠٠٠٠١٤ إلى ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠١ "	فوق بنفسجية أشعة إكس أشعة جاما

عن أ. اسبنسر هوايت – علم الطبيعيات العام – صفحة ٢٤٠ مع إغفال عمود التردد في الكيلوسيكل.

واتخذ الباحثون الذين يقومون بالاستكشافات في أوقات مختلفة وفي ممالك مختلفة لأنفسهم وحدات للمقاييس خاصة لأطوال الأمواج. وعلى ذلك يوجد الآن وحدة الأنجسترون الدولية التي يمكن استعمالها لأنها تقيس أو تبين المقادير بالبوصات والسنتيمترات. وأطوال الأمواج مبينة في الجدول السابق بالأمتار والسنتيمترات. وأكثر المقاييس مناسبة في الأبحاث المتصلة بإبصارات العين هو مقياس الميكرونات أو المليميكرونات.

ميكرون (U) = $^{1}/_{1000}$ من المليمترات = ١ × ١٠ – ٦ مترًا = ١ × ١٠ – ٤ سنتيمترًا وهنا تتدرج أطوال الأمواج من ٤٤٠ (بنفسجي) إلى ٧٠٠ (أحمر) م.

ملحق ٢

جدول الأصباغ التنفسية (عن ياب)

الصبغ	المعدن الذي يحتويه	اللون		حدوثه
		مؤكسد	غير مؤكسد	
هيموجلبين	حديد	أحمر	أحمر باهت	الفقاريات
أرثرو كرورين	"	"	"	لا فقاريات مثل أرنكولا (دود لج) ويرقة كرنومس ودودة الأرض بلانوريس
كلوروركرورين	"	أخضر		بعض كثيرة الأهداب

			أخضر	(ديدان سبليد)
هيميد ثرين	"	أحمر		بعض الحلقيات (جفيريا)
هيموسياتين	نحاس	أزرق	دون لون	
			"	أغلب الرخويات والمفصليات

ملحق ٣

توضيح افتراض الهرمونين

تتوقف تغييرات اللون في حيوان الليجيا غالبًا على مسلك حاملات الملنين فيه وعلى ذلك فهو يعطي حالة واضحة للدراسة، وأجري البحث على الليجيا في حجرة مظلمة بها مصدر دائم للإنارة، وأكد هذا أن الاستجابة الابتدائية للضوء لم تتذبذب، وعلى ذلك تداخلت مع تفسير التأثيرات الثانوية. وجهز السطح بصفائح صغيرة بعمق يبلغ ٣,٥ بوصة ومدهونة من الداخل بدهان أبيض أو أسود كئيب. ولوحظت الليجيا تحت جميع أنواع الظروف التي تعمل على تغيير اللون وهذه كما يلي:

نقل من سطح أبيض إلى سطح أسود وبالعكس

نقل من سطح أبيض إلى ظلام وبالعكس

نقل من سطح أسود إلى ظلام وبالعكس

وشوهدت حاملات الملنين في الليجيا ودونت في فترات متعددة بعد النقل حتى وصلت إلى حالة تعادل. وسجلت حالتها بواسطة فهرس حاملات الملنين العادي م، وفيه ١ يعني انقباض تام و ٥ "تعني تمدد تام".

وتبعًا لذلك عينت الأطوار بينهما *. ويبين شكل ١٠ منحنيات الوقت التي نتجت عن هذه المشاهدات. ونرى كما في حالة الجمبري أن الملاءمة لسطح أبيض تبدأ وتتم بسرعة أكثر من الملاءمة لسطح أسود. ويكون الاختلاف ملحوظًا جدًا في الليجيا البحرية لأن الحيوانات تأخر مدة ساعتين لتصير باهتة تمامًا وست ساعات لتصير داكنة تمامًا. والنقطة الأخرى البارزة هي الوقت الطويل الذي يؤخذ لتتوافق في الظلام لحالة تعادل م ٢,٧. وتأخذ الحيوانات الباهتة عشرة ساعات والحيوانات الداكنة عشرين ساعة لهذه العملية.

ويثبت فحص منحنيات الوقت هذه مسألة إذا ما كان واحد أو اثنان من الهرمونات تضبط حاملات الملنين. فإذا حسبنا أن هرمونًا واحدًا "و" هو المسئول لأنه ينتج عندما يكون الحيوان على سطح أبيض ويمتنع عندما يكون على سطح أسود، إذًا:

(أ) الوقت الذي يؤخذ لحيوان باهت ليدكن على سطح أسود يبين الوقت الذي يؤخذ لإزالة "و" أو لتوقف عملها بأية طريقة. وهذا الوقت الذي يؤخذ لنقل فهرس م من ١,٥ إلى ٤,٥ هو ست ساعات.

* يمكن بتمرين بسيط الحكم بفرس حاملات الملنين لأي حيوان من نظرة واحدة وتختار مجموعة أو مجموعات من حاملات اللون لأغراض التسجيل حيث أن مسلكها يتغير قليلاً تبعًا لوضعها على الجسم.

(ب) الوقت الذي يؤخذ لحيوان باهت ليتعادل في الظلام يبين أن الوقت الذي يؤخذ لإزالة "و" أقل بكثير عن "أ"، وهذا الوقت الذي يؤخذ لنقل فهرس م من ١,٥ إلى ٢,٧ هو عشر ساعات.

ولا يلقى أي افتراض الهرمون الواحد أي تعضيد من هذه النتائج. وأيضًا إذا كان الهرمون الواحد ب مسئولاً لأنه ينتج فقط عندما يكون الحيوان على سطح أسود، إذًا: الوقت المطلوب لحيوان داكن ليتعادل في الظلام أي لنقل فهرس م من ٤,٥ إلى ٢,٧ هو الوقت المطلوب لإزالة كمية محدودة من الهرمون ب. ويجب أن يكون الوقت الذي يحتاج إليه لملاءمة حيوان داكن لسطح أبيض أقصر من ذلك متضمنًا نقل فهرس م من ٤,٥ إلى ١,٥ ومتخلصًا من اكبر كمية من هرمون "ب". وتأخذ الملاءمة للظلام عشرين ساعة فعليًا إذا قورنت بالملاءمة لسطح أبيض وهي التي تأخذ ساعتين، وهذه النتيجة هي كذلك أقل إذا قورنت بافتراض الهرمون الواحد.

والافتراض الثاني هو أنه يوجد طبيعيًا هرمونات في نفس الوقت وفعل أحدهما يوازن فعل الآخر، وإذا كان لهرمون واحد أن يسود فعلاً فلا بد إذًا أن ينتج كمية أزيد من كمية التوازن. والرجوع إلى منحنيات الوقت لملاءمة الحيوانات الباهتة لسطح داكن والحيوانات الداكنة لسطح باهت يبين اختلافات واضحة بين العمليتين ويعطي فكرة عن أن الهرمونين ينتجان ويفرزان بدرجات متفاوتة.

فإذا كان هذا حقيقيًا حينئذ توجد على السطح الأبيض زيادة من هرمون "و" والوقت الذي يؤخذ لحيوان باهت ليتعادل في الظلام يبين الوقت الذي يؤخذ لإزالة الزيادة من هرمون "و" أي عشر ساعات. وبالمثل الوقت الذي يؤخذ لحيوان داكن ليتعادل في الظلام هو الوقت الذي يؤخذ لإزالة الزيادة من هرمون "ب" أي ست عشرة ساعة. ويظهر أن الهرمون ب يزال ببطء أكثر من هرمون "و". وهذا يؤيد بطريقة ملفتة للنظر في "الطور فوق العادي" الذي يبدو أثناء الانتقال من سطح أبيض إلى ظلام.

والحيوانات الباهتة الموضوعة في الظلام تدكن قليلاً حتى تصل إلى فهرس م المثالي ٢,٧ للظلام، ثم تستمر لتدكن مستقرة ثانية على حالة ٢,٧ بعد ست ساعات أيضًا. والذي يحدث هو كالآتي: ينتج الحيوان كمية من هرمون "ب" وأيضًا من هرمون "و" على سطح أبيض، وتكون "و" بزيادة كافية لتطغى على هرمون "ب". وعندما يزال منبه السطح الأبيض ويستبدل به الظلام حينئذ يجب أن تستبعد كميات كبيرة من كل من الهرمونين "ب" و "و" قبل أن تصلا إلى تعادلهما الجديد، ويستبعد الهرمون "و" بسرعة أكثر من الهرمون "ب" ويصل إلى كميته الصحيحة بعد ساعتين. ويستبعد الهرمون "ب" ببطء أكثر ولا يصل إلى كميته الصحيحة لظلام حتى تمضي ثمان ساعات. وأثناء الست ساعات النهائية يبدي حينئذ وجوده بأن يسبب زيادة مؤقتة في تمدد حاملات الملنين.

ملحق ٤

تغيير لون الضفدعة: أي العوامل تطغى على الأخرى عندما تعمل متضادة (عن ياب)

١- سطح بارد رطب

٢- سطح بارد جاف

٣- سطح أبيض بارد رطب
سطح أبيض حار رطب

٤- سطح أسود حار وجاف

٥- سطح أبيض بارد جاف

٦- سطح أبيض حار ورطب
سطح أبيض حار جاف

(بارد = على الثلج. حار = ٢٠ ° سنتجراد. رطب = هواء مشبع جاف = هواء جاف).

تظهر الاتحادات الثمانية الممكنة للعوامل مرتبة بالنسبة لعمق الصبغ الذي ترغبه والمجموعات التي يضمها قوس متساوية في التأثير.

ملحق ٥

انعكاس نسبي بواسطة أصباغ من نفس اللون

أطوال الموجة الملليميكرون

الصبغ	٤٤٠	٤٨٠	٥٢٠	٥٦٠	٦٠٠	٦٤٠	٦٨٠	٧٠٠
أحمر تسكاني	٢٩	٢٩	٣٣	٣٣	٦٦	٨٣	٩٦	١٠٠
قرمزي أمريكي	١٢	٨	١٠	١٤	٣٧	٨١	١٠٠	١٠٠
أرتسكان أصفر	٣١	٣٢	٤٩	٨٠	١٠٠	٩١	٩٠	٩٠
أصفر كرومي (وسط)	٦	٧	٢٢	٨٠	٩٧	١٠٠	١٠٠	١٠٠

(جدول ٨: "جهاز المؤثر الصبغي. ٩ . ميادين المستقبلات للاستجابة البصرية للأسماك العظمية". ل. هجبن و ف لاندجرب – مجموعات الجمعية الملكية – ب – جزء ١٢٨ – سنة ١٩٤٠).

ملحق ٦

نشر العلم الفرنسي ذو الثلاثة الألوان سنة **١٧٩٤** بعرض متساو لكل من الألوان الثلاثة: أحمر وأبيض وأزرق. وبالنسبة إلى درجات الرؤية المختلفة عن بعد ظهرت كمية اللون الأزرق أكبر من كل من الكميتين البيضاء والحمراء وظهرت الكمية الحمراء أقل من البيضاء. وعلى ذلك عملت تجارب للنظر في أي نسب من الألوان تعطي تأثير المساواة. وكانت النسب المحددة لكل مائة جزء هي ٣٠ جزءًا من الأزرق و٣٣ جزءًا من الأبيض و٣٧ جزءًا من الأحمر.

الفهرس

الفصل الثالث

الأصباغ الطبيعية وتأثيرات اللون

الفصل الرابع

الاستخفاء في البحر

الفصل الخامس

استخفاء الحشرات والعناكب المماتنة

الفصل السادس

تغيير اللون في الحبار والجمبريات وما يماثلها

الفصل السابع

الحرباية والضفدعة

الفَصل الثَامِنْ

الاستخفاء ومعاونته على البقاء

الفَصل التَاسِع

ما هو المعنى الحقيقي للاستخفاء ؟

الفَصل العَاشِر

السيطرة على تغيير اللون في الفقاريات

الفَصل الحَادي عشَر

الرؤية في دنيا الحيوان